

特許協力条約に基づく国際出願
願書

出願人は、この国際出願が特許協力条約に従って処理されることを請求する。

受理官庁記入欄	
国際出願番号	
国際出願日	
(受付印)	
 09.6.04 受領印	

出願人又は代理人の番類記号
(希望する場合、最大12字) **NT1620PCT**

第I欄 発明の名称
放射線断層撮影装置

第II欄 出願人 <input type="checkbox"/> この欄に記載した者は、発明者でもある。		
氏名（名称）及びあて名：（姓・名の順に記載；法人は公式の完全な名称を記載；あて名は郵便番号及び国名も記載）		電話番号：
株式会社 日立メディコ HITACHI MEDICAL CORPORATION 〒101-0047 日本国東京都千代田区内神田一丁目1番14号 1-14, Uchikanda 1-chome, Chiyoda-ku, TOKYO 101-0047 JAPAN		03-3292-8111
		ファクシミリ番号：
		03-3291-6392
		加入電信番号：
		出願人登録番号： 000153498

国籍（国名）：日本国 JAPAN	住所（国名）：日本国 JAPAN
この欄に記載した者は、次の 指定国についての出願人である： <input type="checkbox"/> すべての指定国 <input checked="" type="checkbox"/> 米国を除くすべての指定国 <input type="checkbox"/> 米国のみ <input type="checkbox"/> 追記欄に記載した指定国	

第III欄 その他の出願人又は発明者

氏名（名称）及びあて名：（姓・名の順に記載；法人は公式の完全な名称を記載；あて名は郵便番号及び国名も記載）		この欄に記載した者は 次に該当する：
植木 広則 UEKI Hironori 〒185-8601 日本国東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内 c/o HITACHI, LTD. Central Research Laboratory, 280, Higashikogakubo 1-chome, Kokubunji-shi, TOKYO 185-8601 JAPAN		<input type="checkbox"/> 出願人のみである。 <input checked="" type="checkbox"/> 出願人及び発明者である。 <input type="checkbox"/> 発明者のみである。 (ここにレ印を付したときは、 以下に記入しないこと)
		出願人登録番号：

国籍（国名）：日本国 JAPAN	住所（国名）：日本国 JAPAN
この欄に記載した者は、次の 指定国についての出願人である： <input type="checkbox"/> すべての指定国 <input type="checkbox"/> 米国を除くすべての指定国 <input checked="" type="checkbox"/> 米国のみ <input type="checkbox"/> 追記欄に記載した指定国	

その他の出願人又は発明者が続葉に記載されている。

第IV欄 代理人又は共通の代表者、通知のあて名

次に記載された者は、国際機関において出願人のために行動する：		<input checked="" type="checkbox"/> 代理人 <input type="checkbox"/> 共通の代表者
氏名（名称）及びあて名：（姓・名の順に記載；法人は公式の完全な名称を記載；あて名は郵便番号及び国名も記載）		電話番号：
6850 弁理士 小川 勝男 OGAWA Katsuo, Patent Attorney (Reg.NO.6850) 〒104-0033 日本国東京都中央区新川一丁目3番3号第17荒井ビル8階 日東国際特許事務所 Nitto International Patent Office, 8th Floor, No. 17 Arai Building, 3-3, Shinkawa 1-chome, Chuo-ku, TOKYO 104-0033 JAPAN		03-3537-1621
		ファクシミリ番号：
		03-3537-1624
		加入電信番号：
		代理人登録番号： 100068504

通知のためのあて名：代理人又は共通の代表者が選任されておらず、上記枠内に特に通知が送付されるあて名を記載している場合は、レ印を付す。

第 III 欄の続き その他の出願人又は発明者

この続葉を使用しないときは、この用紙を願書に含めないこと。

氏名（名称）及びあて名：（姓・名の順に記載；法人は公式の完全な名称を記載；あて名は郵便番号及び国名も記載）

昆野 康隆

KONNO Yasutaka

〒185-8601 日本国東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

c/o HITACHI, LTD. Central Research Laboratory,

280, Higashikoigakubo 1-chome, Kokubunji-shi,

TOKYO 185-8601 JAPAN

この欄に記載した者は
次に該当する： 出願人のみである。 出願人及び発明者である。 発明者のみである。
(ここにレ印を付したときは、
以下に記入しないこと)

出願人登録番号：

国籍（国名）：日本国 JAPAN

住所（国名）：日本国 JAPAN

この欄に記載した者は、次の

 すべての指定国

米国を除くすべての指定国

米国のみ

追記欄に記載した指定国

氏名（名称）及びあて名：（姓・名の順に記載；法人は公式の完全な名称を記載；あて名は郵便番号及び国名も記載）

この欄に記載した者は
次に該当する： 出願人のみである。 出願人及び発明者である。 発明者のみである。
(ここにレ印を付したときは、
以下に記入しないこと)

出願人登録番号：

国籍（国名）：

住所（国名）：

この欄に記載した者は、次の

すべての指定国

米国を除くすべての指定国

米国のみ

追記欄に記載した指定国

氏名（名称）及びあて名：（姓・名の順に記載；法人は公式の完全な名称を記載；あて名は郵便番号及び国名も記載）

この欄に記載した者は
次に該当する： 出願人のみである。 出願人及び発明者である。 発明者のみである。
(ここにレ印を付したときは、
以下に記入しないこと)

出願人登録番号：

国籍（国名）：

住所（国名）：

この欄に記載した者は、次の

すべての指定国

米国を除くすべての指定国

米国のみ

追記欄に記載した指定国

氏名（名称）及びあて名：（姓・名の順に記載；法人は公式の完全な名称を記載；あて名は郵便番号及び国名も記載）

この欄に記載した者は
次に該当する： 出願人のみである。 出願人及び発明者である。 発明者のみである。
(ここにレ印を付したときは、
以下に記入しないこと)

出願人登録番号：

国籍（国名）：

住所（国名）：

この欄に記載した者は、次の

すべての指定国

米国を除くすべての指定国

米国のみ

追記欄に記載した指定国

 その他の出願人又は発明者が他の続葉に記載されている。

第V欄 国の指定

この願書を用いてされた国際出願は、規則4.9(a)に基づき、国際出願日に拘束される全てのPCT締約国を指定し、取得しうるあらゆる種類の保護を求め、及び該当する場合には広域と国内特許の両方を求める国際出願となる。

しかしながら、以下の国については指定をせず、その国の国内保護を求める。

DE ドイツについては指定をしない

KR 韓国については指定をしない

RU ロシアについては指定をしない

(上記のチェック欄は、それらの国々の国内法令に基づき、国際出願が主張する優先権主張の基礎となる先の国内出願の効果が消滅することを避けることを目的に、当該国への指定を除外するときに使用することができる。しかし、いったん除外した指定は、それを変更することはできない。これらの国及びそのような制度を有する国が持つ国内法令手続の結果に関しては、第V欄の備考を参照。)

第VI欄 優先権主張

以下の先の出願に基づく優先権を主張する：

先の出願日 (日、月、年)	先の出願番号	先の出願		
		国内出願：パリ条約同盟国名又は WTO加盟国名	広域出願：*広域官庁名	国際出願：受理官庁名
(1) 30.07.03	特願2003-203654	日本国 JAPAN		
(2)				
(3)				

他の優先権の主張（先の出願）が追記欄に記載されている。

上記の先の出願（ただし、本国際出願の受理官庁に対して出願されたものに限る）のうち、以下のものについて、出願書類の認証原本を作成し国際事務局へ送付することを、受理官庁（日本国特許庁の長官）に対して請求する

すべて 優先権(1) 優先権(2) 優先権(3) その他は追記欄参照

*先の出願がA.R.I.P.O出願である場合には、当該先の出願を行った工業所有権の保護のためのパリ条約同盟国若しくは世界貿易機関の加盟国の少なくとも1ヶ国を表示しなければならない（規則4.10(b)(ii)）：

第VII欄 國際調査機関

国際調査機関（ISA）の選択（2以上の国際調査機関が国際調査を実施することが可能な場合、いずれかを選択し二文字コードを記載。）

ISA/JP

先の調査結果の利用請求：当該調査の照会（先の調査が、国際調査機関によって既に実施又は請求されている場合）

出願日（日、月、年）

出願番号

国名（又は広域官庁名）

第VIII欄 申立て

この出願は以下の申立てを含む。（下記の該当する欄をチェックし、右にそれぞれの申立て数を記載）

申立て数

第VIII欄(i) 発明者の特定に関する申立て : _____

第VIII欄(ii) 出願し及び特許を与えられる国際出願日における出願人の資格に関する申立て : _____

第VIII欄(iii) 先の出願の優先権を主張する国際出願日における出願人の資格に関する申立て : _____

第VIII欄(iv) 発明者である旨の申立て
(米国を指定国とする場合) : _____

第VIII欄(v) 不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て : _____

第IX欄 照合欄；出願の言語

この国際出願は次のものを含む。	
(a) 紙形式での枚数 願書(申立てを含む).....	4 枚
明細書(配列表または配列表に関連するテーブル).....	29 枚
請求の範囲.....	4 枚
要約書.....	1 枚
図面.....	13 枚
小計	51 枚
配列表.....	枚
配列表に関連するテーブル.....	枚
(いずれも、紙形式での出願の場合はその枚数 コンピュータ読み取り可能な形式の有無を問わない。 下記(C)参照)	
合計	51 枚
(b) <input type="checkbox"/> コンピュータ読み取り可能な形式のみの (実施細則第 801 号(a)(i))	
(i) <input type="checkbox"/> 配列表	
(ii) <input type="checkbox"/> 配列表に関連するテーブル	
(c) <input type="checkbox"/> コンピュータ読み取り可能な形式と同一の (実施細則第 801 号(a)(ii))	
(i) <input type="checkbox"/> 配列表	
(ii) <input type="checkbox"/> 配列表に関連するテーブル	
媒体の種類(ルネジアディスク、CD-ROM、CD-R、その他) と枚数	
<input type="checkbox"/> 配列表.....	
<input type="checkbox"/> 配列表に関連するテーブル.....	
(追加的写しは右欄 9. (ii) または 10.(ii) に記載)	

この国際出願には、以下にチェックしたものが添付されている。	
1. <input checked="" type="checkbox"/> 手数料計算用紙	数 1
2. <input checked="" type="checkbox"/> 納付する手数料に相当する特許印紙を貼付した書面	1
3. <input checked="" type="checkbox"/> 國際事務局の口座への振込を証明する書面	1
4. <input checked="" type="checkbox"/> 個別の委任状の原本	1
5. <input type="checkbox"/> 包括委任状の原本	
6. <input type="checkbox"/> 包括委任状の写し(あれば包括委任状番号)	
7. <input type="checkbox"/> 記名押印(署名)の欠落についての説明書	
8. <input type="checkbox"/> 優先権書類(上記第VI欄の()の番号を記載する):	
9. <input type="checkbox"/> 国際出願の翻訳文(翻訳に使用した言語名を記載する):	
10. <input type="checkbox"/> 寄託した微生物又は他の生物材料に関する書面	
11. <input type="checkbox"/> コンピュータ読み取り可能な配列表 (媒体の種類と枚数も表示する)	
(i) <input type="checkbox"/> 規則 13 の 3 に基づき提出する国際調査のための写し (国際出願の一部を構成しない)	
(ii) <input type="checkbox"/> (左欄(b)(i)又は(c)(i)にレ印を付した場合のみ) 規則 13 の 3 に基づき提出する国際調査のための写しを含む追加的写し	
(iii) <input type="checkbox"/> 国際調査のための写しの同一性、又は左欄に記載した配列表を含む写しの同一性についての陳述書を添付	
12. <input type="checkbox"/> コンピュータ読み取り可能な配列表に関連するテーブル (媒体の種類と枚数も表示する)	
(i) <input type="checkbox"/> 実施細則第 802 号 b の 4 に基づき提出する国際調査のための写し (国際出願の一部を構成しない)	
(ii) <input type="checkbox"/> (左欄(b)(i)又は(c)(i)にレ印を付した場合のみ) 実施細則第 802 号 b の 4 に基づき提出する国際調査のための写しを含む追加的写し	
(iii) <input type="checkbox"/> 国際調査のための写しの同一性、又は左欄に記載した配列表に関連したテーブルを含む写しの同一性についての陳述書を添付	
13. <input type="checkbox"/> その他(書類名を具体的に記載):	

要約書とともに提示する図面： 第1図

本国際出願の言語： 日本語

第X欄 出願人、代理人又は共通の代表者の記名押印

各人の氏名(名称)を記載し、その次に押印する。

小川 勝男



受理官庁記入欄

1. 国際出願として提出された書類の実際の受理の日

3. 国際出願として提出された書類を補完する書面又は図面であって
その後期間内に受理されたものの実際の受理の日(訂正日)

4. 特許協力条約第 11 条(2)に基づく必要な補完の期間内の受理の日

5. 出願人により特定された
国際調査機関 I S A / J P6. 調査手数料未払いにつき、国際調査機関に
調査用写しを送付していない。

2. 図面

 受理された 不足図面がある

国際事務局記入欄	
記録原本の受理の日：	

委 任 状

平成 16 年 6 月 1 日

私儀 弁理士 小川勝男を代理人と定めて、
「放射線断層撮影装置」の国際出願に関し、下記の権限を委任します。

1. 特許協力条約に基づく国際出願に関する一切の件
2. 上記出願及び指定国の指定を取下げる件
3. 上記出願についての国際予備審査の請求に関する一切の件
並びに請求及び選択国の中から選択を取下げる件

あて名 〒101-0047 日本国東京都千代田区内神田一丁目1番14号

名 称 株式会社 日立メディコ

代表者 猪俣博



明細書

放射線断層撮影装置

技術分野

5 本発明は、放射線断層撮影装置に係り、特に、被写体中における放射線の線質変化や放射線検出器の入出力特性の非線形性に起因して発生する、放射線断層像中のアーチファクトを軽減するための技術に関する。

10 背景技術

放射線断層撮影装置においては、再構成された被写体の断層画像（以下、再構成画像とする）中にアーチファクトが発生する場合がある。このようなアーチファクトの主なものとして、再構成画像中に環状の模様となって現れるリングアーチファクトや、高放射線吸収物質
15 同士の間に黒い帯状の模様として現れるダークバンドアーチファクト等がある。リングアーチファクト発生の主要因としては、放射線検出器の感度が画素毎にばらつく点や、放射線検出器の入出力特性が理想的でなく非線形性を有する点が挙げられる。また、ダークバンドアーチファクト発生の主要因としては、被写体中において放射線の線質
20 が変化する（ビームハードニング効果）点が挙げられる。これらアーチファクトの低減のために、これまで様々な方法が提案されている。最も一般的なアーチファクト低減法としては、エアキャリブレーション法がある。エアキャリブレーション法では、予め被写体を配置せずに撮影したエア画像が準備される。エア画像の信号強度分布は、検出器に入射する放射線の強度分布と検出器感度分布の積に相当する。
25 従って、検出器の各画素において撮影画像の信号をエア画像の信号で

除算することで、上記放射線強度分布および検出器感度のばらつきが補正できる。

アーチファクト低減法の別の例として、水補正法が提案されている（例えば、特開平7-171145号公報参照）。水補正法は、エアキャリブレーション法を拡張した方法であり、円筒または橢円筒状の形状を有する水筒ファントムを撮影して得た水画像を、エア画像の代わりに使用する。上記水筒ファントムと被写体の放射線吸収量が近い場合、エアキャリブレーションによる上記補正効果に加えて、検出器の非線形入出力特性に起因するリングアーチファクトや、ビームハードニングに起因するダークバンドアーチファクトを除去できる。

アーチファクト低減法のさらに別の例として、ファントムキャリブレーション法が提案されている（例えば、特公昭61-54412号公報参照）。ファントムキャリブレーション法は、予め作成した変換関数に基づいて被写体の撮影データを補正する方法である。上記変換関数は、撮影画像の実測値をその理論値に変換するための多項式であり、実測値と理論値との関係は予め較正用ファントムを用いて導出される。様々な直径を有する較正ファントムに対して上記実測値と理論値との関係を求めることで、検出器ダイナミックレンジの広い範囲にわたって撮影画像の信号強度が較正できる。

20

発明の開示

エアキャリブレーション法は、放射線検出器に入射する放射線の強度分布や放射線検出器の感度ばらつきを補正できるため、リングアーチファクトが大幅に低減される。しかし、放射線検出器の非線形入出力特性を補正できないため、リングアーチファクトを完全に除去できないという課題を有する。また、ビームハードニングに起因するダー

クバンドアーチファクトを除去できない問題がある。

水補正法は、上記エアキャリブレーション法における補正効果に加えて、検出器の非線形入出力特性に起因するリングアーチファクトやダークバンドアーチファクトを除去できるメリットがある。しかし、

5 水筒ファントムと被写体の放射線吸収量を完全に一致できないため、上記除去精度が低いという課題を有する。

ファントムキャリブレーション法は、検出器ダイナミックレンジの広い範囲にわたって撮影画像の信号強度を較正できる。このため水補正法に比べて、検出器の非線形入出力特性に起因するリングアーチフ

10 アクトやダークバンドアーチファクトを精度よく除去できるメリットがある。ただし、上記多項式の近似精度を向上するためには実測値のサンプル数を増加する必要があるが、実際にはサンプル数の増加は困難であり、高々4、5点のサンプルしか使用されていないのが現状である。このため多項式近似の精度が低く、ファントムキャリブレーション後も再構成画像にアーチファクトが残存するという課題を有していた。

サンプル数の増加が困難である理由は、実測データの取得に手間がかかる点にある。例えば、上記従来例（特許文献2）に示される頭部用較正ファントム（断層面方向に円形の形状を有する）の撮影においては、1つのサイズの較正用ファントムに対して得られる実測データ

20 は1サンプルにすぎない。また、同従来例に示される胸部用較正ファントム（断層面方向に非円形の形状を有する）の撮影においては、1つのサイズの較正用ファントムに対して得られる実測データは2サンプルにすぎない（胸部用較正ファントムの長軸方向および短軸方向

25 から撮影）。従って、多数のサンプルを取得するためには、サイズの異なる多数の較正用ファントムに対して実測データを取得する必要

があり、手間がかかるという課題を有していた。

また、上記実測データの取得においては、較正用ファントムの中心位置を撮影系の回転中心位置に精度よく合わせる必要があり、較正用ファントムの配置に手間がかかるという課題を有していた。さらに、

5 従来のファントムキャリブレーション法では、検出器の画素位置が周辺部に近づくにつれて、上記サンプル点数が減少するという課題を有していた。

本発明の目的は、放射線断層撮影装置において、再構成画像中に発生するアーチファクトを高い精度で低減し、再構成画像の画質を向上

10 できる放射線断層撮影技術を提供することにある。

本発明の目的および新規な特徴の詳細は、本明細書の記述および添付図面によって明らかになるであろう。

上記目的を達成するために、本発明の放射線断層撮影装置は、次に示すような特徴を有する。以下、本発明の代表的な構成例を述べる。

15 (1) 被写体に照射する放射線を発生する発生手段と、前記発生手段に対向配置され前記被写体を透過した前記放射線を検出する検出手段とを含む撮影系と、前記撮影系を前記被写体の周囲に回転させる回転手段とを具備し、前記撮影系を前記被写体の周囲で回転させながら複数の回転角度位置で撮影した複数の前記透過像に基づいて、前記

20 被写体の断層像を生成する放射線断層撮影装置であって、前記撮影系の回転軸に垂直な断面が前記回転軸に直交する2方向でそれぞれ異なるサイズを有する少なくとも一つのファントムを含む複数のファントムのそれぞれについて、その周囲に前記撮影系を回転しながら撮影した3枚以上の透過像の実測画像を格納する第1の格納手段と、前記

25 記透過像に対応する画像を計算により計算画像として生成する生成手段と、生成された前記計算画像を格納する第2の格納手段と、前記

実測画像および前記計算画像に基づいて、前記被写体の前記透過像の強度を補正する補正手段とを有することを特徴とする。

(2) 前記(1)の放射線断層撮影装置において、前記少なくとも一つのファントムは、前記回転軸に垂直な断面が略楕円形であること
5 を特徴とする。

(3) 前記(1)又は(2)の放射線断層撮影装置において、前記複数のファントムのうち、少なくとも一つのファントムは、前記回転軸に垂直な断面が略円形であり、かつ、前記円形の中心が前記回転軸と異なる位置に配置されていることを特徴とする。

10 (4) 被写体に照射する放射線を発生する発生手段と、前記発生手段に対向配置され前記被写体を透過した前記放射線を検出する検出手段とを含む撮影系と、前記撮影系を前記被写体の周囲に回転させる回転手段とを具備し、前記撮影系を前記被写体の周囲で回転させながら複数の回転角度位置で撮影した複数の前記透過像に基づいて、前記被写体の断層像を生成する放射線断層撮影装置であって、前記撮影系の回転軸に垂直な断面が略円形であり、前記円形の中心が前記回転軸と異なる位置に配置されている少なくとも一つのファントムを含む複数のファントムのそれぞれについて、その周囲に前記撮影系を回転しながら撮影した3枚以上の透過像の実測画像を格納する第1の格納手段と、前記透過像に対応する画像を計算により計算画像として生成する生成手段と、生成された前記計算画像を格納する第2の格納手段と、前記実測画像および前記計算画像に基づいて、前記被写体の前記透過像の強度を補正する補正手段とを有することを特徴とする。
15
20
25

(5) 前記(4)の放射線断層撮影装置において、前記複数のファントムのうち、少なくとも一つのファントムは、前記回転軸に垂直な断面が略楕円形であることを特徴とする。

(6) 前記(4)の放射線断層撮影装置において、前記複数のファントムのうち、少なくとも一つのファントムは、前記回転軸に垂直な断面が略円形であり、前記円形の中心が前記回転軸と略同じ位置に配置されていることを特徴とする。

5 (7) 前記(1)又は(4)の放射線断層撮影装置において、前記実測画像より再構成された前記ファントムの断層像に基づいて、前記ファントムの断層面の中心位置と前記断層面に平行な方向での傾きを算出するファントム位置算出手段を有し、前記生成手段は、前記中心位置と前記傾きに基づいて、前記計算画像を作成する時の前記放射
10 線の投影方向を決定することを特徴とする。

(8) 前記(7)の放射線断層撮影装置において、前記ファントム位置算出手段は、前記ファントムの前記断層像の信号強度分布の重心位置に基づいて、前記ファントムの断層面の中心位置を算出することを特徴とする。

15 (9) 前記(7)の放射線断層撮影装置において、前記ファントム位置算出手段は、前記ファントムの断層像の信号強度分布の1次近似に基づいて、前記ファントムの断層面に平行な方向での傾きを算出することを特徴とする。

(10) 被写体に照射する放射線を発生する発生手段と、前記発生
20 手段に対向配置され前記被写体を透過した前記放射線を検出する検出手段とを含む撮影系と、前記撮影系を前記被写体の周囲に回転させる回転手段とを具備し、前記撮影系を前記被写体の周囲で回転させながら複数の回転角度位置で撮影した複数の前記透過像に基づいて、前記被写体の断層像を生成する放射線断層撮影装置であって、前記撮影
25 系の回転軸に垂直な断面が前記回転軸に直交する2方向でそれぞれ異なるサイズを有する少なくとも一つのファントムを含む複数のフ

アントムのそれぞれについて、その周囲に前記撮影系を回転しながら撮影した3枚以上の透過像の実測画像を格納する第1の格納手段と、前記透過像に対応する画像を計算により計算画像として生成する生成手段と、生成された前記計算画像を格納する第2の格納手段と、前記実測画像の信号強度と前記計算画像の信号強度との関係を近似関数で近似して、前記近似関数のパラメータ値を導出するパラメータ値導出手段と、前記パラメータ値を格納する第3の格納手段と、前記実測画像および前記計算画像に基づいて、前記被写体の前記透過像の強度を補正する補正手段とを有することを特徴とする。

10 (11) 被写体に照射する放射線を発生する発生手段と、前記発生手段に対向配置され前記被写体を透過した前記放射線を検出する検出手段とを含む撮影系と、前記撮影系を前記被写体の周囲に回転させる回転手段とを具備し、前記撮影系を前記被写体の周囲で回転させながら複数の回転角度位置で撮影した複数の前記透過像に基づいて、前記被写体の断層像を生成する放射線断層撮影装置であって、前記撮影系の回転軸に垂直な断面が略円形であり、前記円形の中心が前記回転軸と異なる位置に配置されている少なくとも一つのファントムを含む複数のファントムのそれぞれについて、その周囲に前記撮影系を回転しながら撮影した3枚以上の透過像の実測画像を格納する第1の格納手段と、前記透過像に対応する画像を計算により計算画像として生成する生成手段と、生成された前記計算画像を格納する第2の格納手段と、前記実測画像の信号強度と前記計算画像の信号強度との関係を近似関数で近似して、前記近似関数のパラメータ値を導出するパラメータ値導出手段と、前記パラメータ値を格納する第3の格納手段と、前記実測画像および前記計算画像に基づいて、前記被写体の前記透過像の強度を補正する補正手段とを有することを特徴とする。

25

これにより、本発明は、以下のような利点を有する。

(a) 従来のファントムキャリブレーション法において高々 4、5 点であった実測データのサンプル数を、6 個以上～数千個程度に増加できるため、ファントムキャリブレーション法における補正精度を高め再構成画像の画質を向上できる。

(b) ファントムによる放射線減衰量を撮影方向にダイナミックに変化できるため、広範囲のダイナミックレンジを有する実測データを取得できる。

(c) 断層面方向に円形の形状を有する一般的なファントムに対してもファントムによる放射線減衰量を撮影方向にダイナミックに変化できるため、広範囲のダイナミックレンジを有する実測データを取得できる。

(d) ファントムを撮影系に対して精度良く配置する必要がなくなるため、配置が容易となり、実測データ取得における作業効率を向上できる。

(e) ファントムの断層面方向の中心位置を簡便に、精度よく抽出できるため、ファントムキャリブレーション法による較正精度を向上できる。

(f) ファントムが断層方向に非円形の断面を有する場合でも、ファントムの断層面に平行な方向での傾きを簡便に、精度よく抽出できるため、ファントムキャリブレーション法による較正精度を向上できる。

(g) 被写体の撮影時に得られる任意の透過像の信号強度に対して、ファントムキャリブレーション法による信号強度の補正が可能となる。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の実施例 1 に係る放射線断層撮影装置の正面模式図、図 2 は、本発明の実施例 1 に係る放射線断層撮影装置の前処理手段を説明するための図、図 3 は、本発明の実施例 1 に係る放射線断層撮影装置の前処理手段におけるデータ配列の構造を説明するための図、図 4 は、本発明の実施例 1 に係る放射線断層撮影装置の補正テーブル作成手段を説明するための図、図 5 は、本発明の実施例 1 に係る放射線断層撮影装置の補正テーブル作成方法を説明するための図、図 6 は、本発明の実施例 1 に係る放射線断層撮影装置の信号強度補正手段を説明するための図、図 7 は、本発明の実施例 1 に係る放射線断層撮影装置のシミュレーション画像発生手段における演算方法を説明するための図、図 8 は、本発明の実施例 1 に係る放射線断層撮影装置の較正用ファントム位置検出手段を説明するための図、図 9 は、本発明の実施例 1 に係る放射線断層撮影装置の複数の楕円ファントムの配置方法を説明するための図、図 10 は、本発明の実施例 2 に係る放射線断層撮影装置のシミュレーション画像発生手段における演算方法を説明するための図、図 11 は、本発明の実施例 2 に係る放射線断層撮影装置の複数の円筒ファントムの配置方法を説明するための図、図 12 は、本発明の実施例に係る放射線断層撮影装置の他の較正用ファントムの例を説明するための図、図 13 は、本発明の実施例 1 に係る放射線断層撮影装置による画質改善効果の例を説明するための図である。

発明を実施するための最良の形態

25 以下、本発明の実施例を図面に基づいて詳細に説明する。
(実施例 1)

図1は、本発明の実施例1に係る放射線断層撮影装置の正面模式図である。本実施例1に係る放射線断層撮影装置は、X線管1、X線検出器2、回転板4、駆動モーター5、駆動ベルト6、ガントリー7、撮影制御手段100、前処理手段111、実測画像用メモリ101、
 5 補正テーブル作成手段102、シミュレーション画像用メモリ103、信号強度補正手段104、補正テーブル用メモリ105、シミュレーション画像発生手段106、画像再構成手段107、較正用ファントム位置検出手段108、画像表示手段109、操作卓110等から構成される。

10 以下では、X線管1およびX線検出器2を合わせて撮影系と呼ぶ。撮影系は回転板4に固定されている。駆動モーター5は駆動ベルト6を介して回転板4および撮影系全体を回転する。撮影系は上記回転中に被写体3に対して全周方向からX線を照射し、そのX線透過像を撮影する。以下では、回転板4の回転軸(図示していない)をZ軸とする。
 15 また、回転板4の回転中心Oを原点とする水平方向および垂直方向の座標軸をそれぞれX軸、Y軸と定める。X軸、Y軸およびZ軸によって規定されるXYZ座標系は直交座標系である。

図1において、X線管1のX線発生点Sと回転中心Oとの距離の代表例は690mmである。また、回転中心OとX線検出器2のX線入力面との距離の代表例は380mmである。回転板4の1回転の所要時間の代表例は0.5秒である。

X線検出器2にはセラミックシンチレータおよびフォトダイオード等から構成される公知のマルチスライス型X線検出器が使用される。X線検出器2は多数の検出素子(図示していない)から構成されており、
 25 その素子数の代表例はXYZ平面方向(以下、チャネル方向とする)に896個、Z軸方向(以下、スライス方向とする)に32個である。

各検出素子はX線発生点Sから略等距離の円弧上に配置されており、その入力面サイズの代表例はチャネル方向およびスライス方向と共に1mmである。撮影系の1回転における撮影回数の代表例は900回であり、回転板4の0.4度の回転毎に1回の撮影が行われる。

5 次に、本実施例1に係る放射線断層撮影装置の動作を説明する。本放射線断層撮影装置には、本撮影モードおよびキャリブレーション撮影モードの2種類の撮影モードが用意されている。本撮影モードおよびキャリブレーション撮影モードの選択は、検者が操作卓110を通して指示する。なお、図1において、破線の矢印は本撮影モードにおけるデータ処理の流れを示す。また実線の矢印はキャリブレーション撮影モードにおけるデータ処理の流れを示す。

以下では、まず本撮影モードにおける本放射線断層撮影装置の動作について説明する。まず、検者が操作卓110を通して撮影開始を指示すると、撮影制御手段100は駆動モーター5を介して回転板4の回転を開始する。回転板4の回転が定速状態に入った時点で、撮影制御手段100はX線管1のX線照射タイミングおよびX線検出器2の撮影タイミングを指示し、被写体3の全周方向からの撮影データを取得する。次に前処理手段111は、上記撮影データに対して、後述する方法を用いてオフセット処理、エアキャリブレーション処理、対数変換処理から成る前処理を行い、前処理後の撮影データ（以下、実測画像とする）を実測画像用メモリ101に記録する。次に、信号強度補正手段104は、実測画像用メモリ101に記録された実測画像を読み出して、後述する方法を用いて上記実測画像の信号強度を補正する。なお、信号強度補正手段104は、補正テーブル用メモリ105に予め記録されている補正テーブルを参照し、上記補正テーブルに基づいて所定の補正を行う。上記補正テーブルの詳細については後述

する。次に画像再構成手段 107 は、前記信号強度補正手段 104 の出力値に基づき、公知の技術を用いて上記被写体 3 の放射線断層像を再構成する。再構成された放射線断層像は最後に画像表示手段 109 によって表示される。

5 次に、キャリブレーション撮影モードにおける本放射線断層撮影装置の動作について説明する。キャリブレーション撮影モードにおいては、被写体 3 として後述する較正用ファントムが配置される。まず本撮影モードの場合と同様の手順で較正用ファントムの撮影および撮影データの前処理が行われ、前処理後の撮影データ（以下、較正用実測画像とする）が実測画像用メモリ 101 に記録される。次に上記較正用実測画像は信号強度補正手段 104 によって読み出される。ここで信号強度補正手段 104 は、補正テーブルが既に補正テーブル用メモリ 105 に記録されているかどうかを判別し、存在する場合には上記補正テーブルを参照して上記較正用実測画像への信号強度補正を行う。また、補正テーブルが存在しない場合には上記較正用実測画像への信号強度補正を省略する。次に、画像再構成手段 107 は、前記信号強度補正手段 104 の出力値に基づき、公知の技術を用いて上記較正用ファントムの放射線断層像を再構成する。次に、較正用ファントム位置検出手段 108 は、上記放射線断層像に基づき、後述する方法を用いて上記較正用ファントムの XY 平面上における位置を算出する。次に、シミュレーション画像発生手段 106 は、上記算出された較正用ファントムの位置に基づき、後述する方法を用いて上記較正用ファントムの撮影データの理論値（以下、シミュレーション画像もしくは計算画像とする）を計算し、計算結果をシミュレーション画像用メモリ 103 に記録する。次に補正テーブル作成手段 102 は、実測画像用メモリ 101 に記録された上記較正用実測画像およびシミ

ュレーション画像用メモリ 103 に記録された上記シミュレーション画像に基づき、後述する方法を用いて実測画像の信号強度を理論値に変換するための補正テーブルデータを作成し、作成結果を補正テーブル用メモリ 105 に記録する。なお、既に古い補正テーブルデータ 5 が補正テーブル用メモリ 105 に記録されている場合は、上記古い補正テーブルデータを新しい補正テーブルデータで上書きする。

図 2 は、本発明の実施例 1 に係る放射線断層撮影装置の前処理手段 111 を説明するための図である。また、図 3 は、本発明の実施例 1 に係る放射線断層撮影装置の前処理手段 111 におけるデータ配列 10 の構造を説明するための図である。以下、図 2 および図 3 を用いて前処理手段 111 における処理の手順について説明する。

X 線検出器 2 は、マルチスライス型検出器であり、上述のようにチャネル方向およびスライス方向にそれぞれ 896、32 個の検出素子を有する。以下では、上記チャネル方向およびスライス方向の検出素子数を、それぞれ一般的に N、M と表す。また上述のように、撮影においては撮影系の 1 回転の回転中に 900 回の撮影が行われる。以下では、上記撮影回数を一般的に K と表す。さらに以下では、k 番目の撮影 ($k = 1 \sim K$) において、X 線検出器 2 の n チャネル、m スライス目の検出素子 ($n = 1 \sim N, m = 1 \sim M$) で得られた検出信号を 20 $I_{nm}(k)$ と表す。

前処理手段 11 には、オフセット画像作成処理、エア画像作成処理、およびエアキャリブレーション処理の 3 種類の処理が用意されている。このうちオフセット画像作成処理およびエア画像作成処理は、被写体 3 の撮影に先立って行われるオフセット画像撮影およびエア画像撮影時において選択される。またエアキャリブレーション処理は、被写体 3 の撮影時において選択される。以下、上記 3 種類の処理手順

について順に説明する。

オフセット画像作成処理は、オフセット画像撮影（X線管1によるX線照射を行わずに撮影）によって得られたK枚のオフセット画像に対して、これらの加算平均画像を作成する処理である。上記オフセット画像は、撮影が行われる度にフレームメモリ200に順次上書きされる。フレームメモリ200は、図3（A）に示されるようなデータ構造を有し、X線検出器2の1フレーム分に相当するN×M個の撮影データを保存する。フレームメモリ200にオフセット画像が記録されると同時に、加算平均手段201は上記オフセット画像を順次読み出⁵して（数1）で表される加算平均演算を行う。¹⁰

$$b_{nm} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K I_{nm}(k) \quad (n=1 \sim N, m=1 \sim M) \quad \dots \quad (\text{数1})$$

加算平均手段201によって得られた平均オフセット画像は、オフセット画像用メモリ204に記録される。オフセット画像用メモリ204は、図3（B）に示されるようなデータ構造を有し、X線検出器2の1フレーム分に相当するN×M個の平均オフセット画像データを保存する。¹⁵

エア画像作成処理は、エア画像撮影（被写体3を配置しない状態でX線管1によるX線照射を行いながら撮影）、によって得られたK枚のエア画像に対して、これらの加算平均画像を作成する処理である。上記エア画像は、撮影が行われる度にフレームメモリ200に順次上書きされる。フレームメモリ200にエア画像が記録されると同時に、加算平均手段201は上記エア画像を順次読み出して、（数2）で表される加算平均演算を行う。²⁰

$$A'_{nm} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K I'_{nm}(k) \quad (n=1 \sim N, m=1 \sim M) \quad \dots \quad (\text{数2})$$

加算平均手段 201 によって平均エア画像が計算されると同時に、オフセット補正手段 202 は上記平均エア画像を読み出して、(数 3) で表されるオフセット補正処理を行う。

$$A_{nm} = A'_{nm} - b_{nm} \quad (n=1 \sim N, m=1 \sim M) \quad \dots \dots \dots \dots \quad (\text{数 3})$$

5 なお、上記演算においては、オフセット画像用メモリ 204 に記録されている平均オフセット画像が参照される。オフセット補正手段 202 によって得られたオフセット補正後の平均エア画像は、エア画像用メモリ 205 に記録される。エア画像用メモリ 205 は、図 3 (C) に示されるようなデータ構造を有し、X 線検出器 2 の 1 フレーム分に
10 相当する $N \times M$ 個の平均エア画像データを保存する。

エアキャリブレーション処理は、被写体 3 の撮影画像に対してエアキャリブレーションを行い、X 線管 1 より放射される X 線エネルギーの空間分布や、X 線検出器 2 の検出感度のむらを補正する処理である。上記撮影画像は、撮影が行われる度にフレームメモリ 200 に順次上
15 書きされる。フレームメモリ 200 に撮影画像が記録されると同時に、オフセット補正手段 202 は上記撮影画像をフレームメモリ 200 より順次読み出して、(数 4) で表されるオフセット補正処理を行う。

$$I'_{nm}(k) = I_{nm}(k) - b_{nm} \quad (n=1 \sim N, m=1 \sim M, k=1 \sim K) \quad \dots \dots \dots \dots \quad (\text{数 4})$$

なお、オフセット補正手段 202 は、加算平均手段 201 を介さず
20 に直接フレームメモリ 200 より撮影データを読み出す。また上記演算においては、オフセット画像用メモリ 204 に記録されている平均オフセット画像が参照される。オフセット補正手段 202 による撮影画像のオフセット補正が終了すると同時に、エアキャリブレーション手段 203 は上記オフセット補正後の撮影画像を読み出して、(数

5) で表されるエアキャリブレーション処理を行う。

$$J_{nm}(k) = \ln \frac{A_{nm}}{I'_{nm}(k)} \quad (n = 1 \sim N, m = 1 \sim M, k = 1 \sim K) \quad \dots \dots \dots \quad (\text{数5})$$

なお、上記演算においては、エア画像用メモリ 205 に記録されている平均エア画像が参照される。エアキャリブレーション手段 203 によって得られたエアキャリブレーション後の撮影画像は、実測画像用メモリ 101 に記録される。エアキャリブレーション処理における上記一連の処理は、フレームメモリ 200 に撮影画像が記録される度に K 回繰り返して行われる。実測画像用メモリ 101 は、図 3 (D) に示されるようなデータ構造を有し、X 線検出器 2 の K フレーム分に 10 相当する $N \times M \times K$ 個の撮影画像データを保存する。

図 4 は、本発明の実施例 1 に係る放射線断層撮影装置の補正テーブル作成手段 102 を説明するための図である。また、図 5 は、本発明の実施例 1 に係る放射線断層撮影装置の補正テーブル作成方法を説明するための図である。以下、図 4 および 5 を用いて補正テーブル作成手段 102 における処理の手順について説明する。

既に説明したように、補正テーブル作成手段 102 はキャリブレーション撮影モードにおいて使用される。キャリブレーション撮影モードにおいては、被写体 3 として後述する較正用ファントムが配置され、上記較正用ファントムの撮影データが取得される。上記撮影データは 20 前処理手段 111 によってエアキャリブレーション処理を行った後に、実測画像用メモリ 101 に記録される。実測画像用メモリ 101 およびシミュレーション画像用メモリ 103 に記録されるデータは同一のデータ構造を有している。実測画像用メモリ 101 にはエアキャリブレーション後の全撮影データ (実測画像) $J_{nm}(k)$ ($n = 1 \sim N$ 、
25 $m = 1 \sim M$ 、 $k = 1 \sim K$) が記録される。一方シミュレーション画像

用メモリには、シミュレーション画像発生手段 106 によって計算された上記撮影データの理論値（シミュレーション画像もしくは計算画像） $J'_{nm}(k)$ ($n = 1 \sim N, m = 1 \sim M, k = 1 \sim K$) が記録される。

なお、上記シミュレーション画像 $J'_{nm}(k)$ の計算方法については後述す

5 る。上記実測画像とシミュレーション画像の各データは理想的には一致するはずであるが、実際には一致しない。これは X 線検出器 2 の入出力特性が非線形性を有していること、X 線管 1 から放射される X 線のエネルギーがスペクトル分布を有しており、被写体中にて X 線の線質が変化してしまうこと（ビームハードニング効果）等の原因による。

10 このような実測画像データと理論値との非線形な関係は、再構成される放射線断層像中においてリングアーチファクトやダークバンドアーチファクトの発生原因となり得るため、補正によって線形に戻す必要がある。このため、補正テーブル作成手段 102 は上記非線形性を補正するための補正テーブルを作成する。

15 実測画像 $J_{nm}(k)$ とシミュレーション画像 $J'_{nm}(k)$ の関係は、多項式等の関数で近似できる。図 5 には、上記多項式近似の例が示してある。多項式近似では、まず実測画像 $J_{nm}(k)$ の値を横軸、シミュレーション画像 $J'_{nm}(k)$ の値を縦軸とする

点が、全ての $k = 1 \sim K$ についてグラフ上にプロットされる。次に、

20 上記プロットが（数 6）に示される多項式関数によって近似される。

$$J'_{nm}(k) = a_{nm}(L)J_{nm}^L + a_{nm}(L-1)J_{nm}^{L-1} + \cdots + a_{nm}(1)J_{nm} \quad (n=1 \sim N, m=1 \sim M)$$

… (数 6)

なお、上記近似には最小 2 乗法等の公知の技術が用いられる。上記多項式関数の最大次数 L は予め設定された所定の値が用いられる。ただし、最大次数 L が 1 の場合は上記多項式関数が線形関数となるため、

25 実測画像データと理論値との非線形な関係を表すことができない。従

って、Lは2以上とする必要があるが、上記非線形成分を精度良く近似するためには、Lは3以上とするのが望ましい。Lが3の場合、数6より上記多項式は3つの係数 $a_{nm}(1)$ 、 $a_{nm}(2)$ 、 $a_{nm}(3)$ を有する。従つて、最小2乗法で上記3つの係数を求めるためには、撮影回数Kを35以上にする必要がある。一般に、上記多項式関数の最大次数Lに対して、撮影回数KはL以上とする必要がある。以上の処理により多項式の係数 $a_{nm}(L)$ 、 $a_{nm}(L-1)$ 、 \dots 、 $a_{nm}(1)$ の値を導出して、補正テーブルとする。

上記補正テーブルを作成するために、補正テーブル作成手段102はまず、実測画像用メモリ101およびシミュレーション画像用メモリ103からそれぞれ実測画像 $J_{nm}(k)$ およびシミュレーション画像 $J'_{nm}(k)$ を全ての $k=1 \sim K$ に対して読み出して、バッファメモリ400に書きこむ。次に最小2乗近似手段401がバッファメモリ400に記録されたデータを読み出して数6による多項式近似を行い、得られた係数 $a_{nm}(L)$ 、 $a_{nm}(L-1)$ 、 \dots 、 $a_{nm}(1)$ を補正テーブル用メモリ105に記録する。上記一連の処理は、全ての各検出画素(n、m) ($n=1 \sim N$ 、 $m=1 \sim M$)に対して繰り返し行われる。なお、最小2乗近似手段401は、専用演算器や汎用演算器を用いたソフトウェア処理等で実現される。

20 図6は、本発明の実施例1に係る放射線断層撮影装置の信号強度補正手段104を説明するための図である。本撮影モードにおいて取得された被写体3の撮影画像は、前処理手段111によって上述のエアキャリブレーション処理が行われた後に実測画像用メモリ101に記録される。上記エアキャリブレーション処理はX線検出器2から撮影画像が取得される度に行われ、kフレーム目 ($k=1 \sim K$) の撮影画像に対して得られたエアキャリブレーション処理後の撮影データ

$J_{nm}(k)$ ($n = 1 \sim N, m = 1 \sim M$) が順次実測画像用メモリ 101 に書き込まれる。上記書き込みが終了する度に、多項式演算手段 601 は補正テーブル用メモリ 105 から検出画素 (n, m) に対する多項式の係数 $a_{nm}(L), a_{nm}(L-1), \dots, a_{nm}(1)$ の値を読み出してバッファメモリ 602 に記録する。また、多項式演算手段 601 はエアキャリブレーション処理後の撮影データ $J_{nm}(k)$ 、および多項式の係数 $a_{nm}(L), a_{nm}(L-1), \dots, a_{nm}(1)$ をそれぞれ実測画像用メモリ 101 およびバッファメモリ 602 から読み出して、数 6 を用いて $f_{nm}(J_{nm}(k))$ を計算して信号強度の補正を行う。上記信号強度の補正は全ての各検出画素 (n, m) ($n = 1 \sim N, m = 1 \sim M$) に対して繰り返し行われ、その結果は画像再構成手段 107 に入力される。なお多項式演算手段 601 は、専用演算器や汎用演算器を用いたソフトウェア処理等で実現される。

図 7 は、本発明の実施例 1 に係る放射線断層撮影装置のシミュレーション画像発生手段 106 における演算方法を説明するための図である。特に、図 7 では較正用ファントムとして橍円ファントム 700 を使用した場合のシミュレーション画像発生方法について説明する。既に説明したように、図 7 (A) に示す直交座標系 XYZ は、ガントリー 7 に固定された静止座標系である。X 線発生点 S は、XYZ 平面上を回転移動し、その回転中心は XYZ 座標系の原点 O と一致する。XYZ 平面は、X 線検出器 2 と交線 702 で交わる。橍円ファントム 700 は、橍円柱型の形状を有し、その柱方向が Z 軸と略一致するように配置される。橍円ファントム 700 は、略均一な材質および密度で構成される。橍円ファントム 700 の材質の代表例はポリエチレンであるが、アクリル等の他の物質でこれを代用してもよい。以下では、橍円ファントム 700 の長軸方向、短軸方向、および柱方向の外形サイ

ズをそれぞれ 2 a、2 b、H と表す。2 a、2 b、H の代表例は、それぞれ 350 mm、200 mm、300 mm である。橢円ファントム 700 と XY 平面の交線 701 は、橢円形の形状を有する。

図 7 (B) に示すように、p q 座標系は、橢円ファントム 700 に固定された座標系であり、その原点を交線 701 で表される橢円の中心 O' とする。また、p 軸および q 軸を上記交線 701 で表される略橢円形の長軸および短軸方向とする。橢円ファントム 700 は、橢円中心点 O' が XYZ 座標形の原点 O 付近に位置すると同時に、p 軸が X 軸と略一致するように配置される。ただし、一般に上記配置を精度よく行うことは困難であるため、橢円中心点 O' の XY 平面上における位置 (O' x, O' y) は完全に (0, 0) とはならない。また、p 軸と X 軸のなす角 ϕ も完全に 0 とはならない。橢円ファントム 700 の位置を規定する上記パラメータ (O' x, O' y) および ϕ の値は、較正用ファントム位置検出手段 108 によって、後述する方法で自動検出される。

シミュレーション画像発生手段 106 は、k フレーム目 ($k = 1 \sim K$) の撮影画像に対して得られたエアキャリブレーション処理後の撮影データ $J_{nm}(k)$ ($n = 1 \sim N, m = 1 \sim M$) に対し、その理論値 $J'_{nm}(k)$ を計算する。上記理論値 $J'_{nm}(k)$ は、(数 7) で表される。

$$J'_{nm}(k) = \mu_p w_{nm}(k) \quad (n=1 \sim N, m=1 \sim M) \quad \dots \dots \dots \quad (数 7)$$

ただし、 $w_{nm}(k)$ は、k フレーム目の撮影において X 線発生点 S から放射されて X 線検出器 2 の検出画素位置 (n, m) に入射する X 線ビーム 703 の、橢円ファントム 700 中の通過距離とする。また、 μ_p は橢円ファントム 700 の X 線吸収係数とする。いま X 線ビーム 703 のチャネル方向の放射角度を γ 、交線 702 と検出画素位置 (n,

m)との距離を h_{nm} 、X線発生点 S と回転中心 O との間の距離を d、X 線発生点 S と X 線検出器 2 の入力面との間の距離を D と表すと、通過距離 $w_{nm}(k)$ は、(数 8) で得られる。

$$w_{nm}(k) = \frac{2ab\sqrt{b^2t_p^2 + a^2t_q^2 - (t_pS_q - t_qS_p)^2}}{b^2t_p^2 + a^2t_q^2} \quad (n=1 \sim N, m=1 \sim M) \quad \dots \quad (\text{数 8})$$

5 ただし、(数 8)において、 S_p 、 S_q は p、q 座標系上における X 線発生点 S の位置であり、それぞれ(数 9)および(数 10)で表される。

$$S_p = (d \cos \theta_k - O'_x) \cos \phi + (d \sin \theta_k - O'_y) \sin \phi \quad \dots \quad (\text{数 9})$$

$$S_q = -(d \cos \theta_k - O'_x) \sin \phi + (d \sin \theta_k - O'_y) \cos \phi \quad \dots \quad (\text{数 10})$$

10 また、(数 8)において、 t_p 、 t_q は、X 線ビーム 703 の単位方向ベクトルの p 軸、q 軸成分であり、それぞれ(数 11)および(数 12)で表される。

$$t_p = \frac{-D}{\sqrt{D^2 + h_{nm}^2}} \cos(\phi + \gamma - \theta_k) \quad \dots \quad (\text{数 11})$$

$$t_q = \frac{D}{\sqrt{D^2 + h_{nm}^2}} \sin(\phi + \gamma - \theta_k) \quad \dots \quad (\text{数 12})$$

15 なお、(数 9)～(数 12)において、 θ_k は k フレーム目の撮影時における X 線発生点 S の X 軸に対する回転角度を表し、(数 13)で示される。

$$\theta_k = 2\pi \frac{k-1}{K} \quad (k=1 \sim K) \quad \dots \quad (\text{数 13})$$

シミュレーション画像発生手段 106 は、(数 7)～(数 13)を用いて、撮影画像の理論値 $J'_{nm}(k)$ を全ての $n=1 \sim N$ 、 $m=1 \sim M$ 、 k

= 1 ~ K について計算し、計算結果をシミュレーション画像用メモリ 103 に記録する。なお、シミュレーション画像発生手段 106 は、専用演算器や汎用演算器を用いたソフトウェア処理等で実現される。

図 8 は、本発明の実施例 1 に係る放射線断層撮影装置の較正用ファンタム位置検出手段 108 を説明するための図である。既に説明したように、楕円ファンタム 700 は、その中心位置 O' が XY 平面の中心 O にほぼ一致するように配置される。ただし、両者を高精度に一致させる必要はなく、両者のずれが、例えば数 cm 以内に収まっていればよいものとする。このような荒い配置精度を許容することで、較正用ファンタムの配置における作業工数を削減できる。較正用ファンタム位置検出手段 108 は、上記配置における楕円ファンタム 700 の位置ずれ量を自動検出する。上記位置ずれ量は、楕円ファンタム 700 の中心位置 O' 、および楕円ファンタム 700 の長軸方向 (p 軸方向) の X 軸に対する傾き角度 ϕ によって規定される。検出された O' 、 ϕ の値は、シミュレーション画像発生手段 106 によって参照される。

CT 値 2 値化手段 800 は、まず楕円ファンタム 700 の CT 再構成画像を画像再構成手段 107 より読み込む。以下では上記 CT 再構成画像の信号値を $R(i, j)$ と表す。ただし、 i, j ($i = 1 ~ I, j = 1 ~ J$) はそれぞれ再構成画像の X 軸方向および Y 軸方向のピクセル位置を表す。CT 値 2 値化手段 800 は、次に閾値用メモリ 803 に予め記録された閾値 R_t を参照し、 R_t と $R(i, j)$ の値を比較する。このとき、もし $R_t \leq R(i, j)$ であれば $R(i, j)$ の信号値を 1 に書き換える。また、 $R(i, j) < R_t$ であれば $R(i, j)$ の信号値を 0 に書き換える。なお閾値 R_t の値は、楕円ファンタム内部領域の CT 値と外部領域の CT 値との中間の値が予め設定される。このため、CT 値 2 値化手段 800 によって 2 値化された CT 再構成画像は、楕

円ファントム内部領域および外部領域においてそれぞれ信号値 1 および 0 をとる。上記 2 値化された CT 再構成画像は、重心計算手段 801 および傾き計算手段 802 によってそれぞれ読み出される。重心計算手段 801 は、橢円ファントム 700 の重心位置を計算する手段 5 である。上記重心位置は橢円ファントム 700 の中心位置 O' と一致し、(数 14) によって計算される。

$$O' = (O'_x, O'_y) = \left(\frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J R(i, j) X_i}{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J R(i, j)}, \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J R(i, j) Y_i}{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J R(i, j)} \right) \quad \dots \dots \dots \text{ (数 14)}$$

ただし、 X_i 、 Y_i を、それぞれピクセル (i, j) の XY 座標系における位置とする。傾き計算手段 802 は橢円ファントム 700 の長軸 10 方向の X 軸に対する傾き角度 ϕ を求める手段である。傾き計算手段 802 は $R(i, j) = 1$ を満たすピクセル位置 (X_i, Y_i) に対して、(数 15) による 1 次近似を行う。

$$Y = AX + B \quad \dots \dots \dots \text{ (数 15)}$$

このとき、上記傾き角度 ϕ は、(数 16) で計算できる。

$$\phi = \tan^{-1} A \quad \dots \dots \dots \text{ (数 16)}$$

なお、上記 1 次近時には最小 2 乗法等の公知の技術が使用される。また較正用ファントム位置検出手段 108 は、専用演算器や汎用演算器を用いたソフトウェア処理等で実現される。

図 13 は、本発明の実施例 1 に係る放射線断層撮影装置による画質 20 改善効果の例を説明するための図である。特に、図 13 (A) は評価用被写体 1300 の配置方法を示している。また、図 13 (B) およ

び (C) は、それぞれキャリブレーション処理無しおよび有りの場合に取得された再構成画像の Y 軸上のプロファイルを示している。評価用被写体 1300 は直径 350 mm の円柱状の水ファントムである。撮影時においては、X 線管 1 の管電圧を 120 kV、管電流を 200 5 mA とし、その他の撮影条件は、本実施例 1 で説明したものと同一とした。キャリブレーション処理無しの場合、得られたプロファイル 1301 の均一性が低く、その CT 値の差は最大 5.9 HU であった。これに対して、キャリブレーション処理を行った場合、得られたプロファイル 1302 の均一性が高く、その CT 値の差は最大 4.8 HU で 10 あった。従って、本発明により再構成画像の CT 値の導出精度が向上し、画質が改善されることが確認された。

以上、実施例 1 に係る放射線断層撮影装置を示したが、本発明は、実施例 1 のみに限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更しうることはいうまでもない。例えば、実施例 1 においては橢円ファントム 700 のサイズが 1 種類に限定されていたが、図 9 に示すような異なるサイズを有する複数の橢円ファントム 700a～d を用いて補正テーブルを作成してもよい。ただし、このとき各橢円ファントム 700a～d は、それらの中心位置が例えば撮影系の回転中心 O 付近に配置されるものとする。また上記全ての橢円ファントム 700a～d は、X 線検出器 2 の視野 900 の内部に完全に包含されるように配置されるものとする。さらに、補正テーブル作成手段 102 は、上記全ての橢円ファントム 700a～d に対して得られた較正用実測画像およびシミュレーション画像に対して (数 6) に示される多項式関数近似を行い、得られた係数 $a_{nm}(L)$ 、 $a_{nm}(L-1)$ 、 \dots 20 $a_{nm}(1)$ を補正テーブル用メモリ 105 に記録するものとする。

(実施例 2)

以下では、本発明の実施例 2 に係る放射線断層撮影装置について説明する。本発明の実施例 2 に係る放射線断層撮影装置は、較正用ファントムとして実施例 1 で使用した楕円ファントム 700 の代わりに円筒ファントム 1000 を使用する。本放射線断層撮影装置の上記 5 以外の構成に関しては、実施例 1 の図 1～6 で説明したものと同一であるため、説明を省略する。

図 10 は、本発明の実施例 2 に係る放射線断層撮影装置のシミュレーション画像発生手段 106 における演算方法を説明するための図である。特に、図 10 では較正用ファントムとして円筒ファントム 1000 を使用した場合のシミュレーション画像発生方法について説明する。既に説明したように、直交座標系 XYZ はガントリー 7 に固定された静止座標系である。X 線発生点 S は XY 平面上を回転移動し、その回転中心は XYZ 座標系の原点 O と一致する。XY 平面は X 線検出器 2 と交線 1002 で交わる。円筒ファントム 1000 は円柱型の 15 形状を有し、その柱方向が Z 軸と略一致するように配置される。円筒ファントム 1000 は、略均一な材質および密度で構成される。円筒ファントム 1000 の材質の代表例はポリエチレンであるが、アクリル等の他の物質でこれを代用してもよい。以下では、円筒ファントム 20 1000 の円方向、および柱方向の外形サイズをそれぞれ $2r$ 、 H と表す。 $2r$ 、 H の代表例はそれぞれ 250 mm、300 mm である。

円筒ファントム 1000 と XY 平面の交線 1001 は、略円形の形状を有し、その円の中心を O' とする。円筒ファントム 1000 は、略円形の中心点 O' が、回転軸すなわち XYZ 座標系の原点 O とは異なる位置 ($O'x$ 、 $O'y$) に配置される。

25 円筒ファントム 1000 の位置を規定する上記パラメータ ($O'x$ 、 $O'y$) の値は、較正用ファントム位置検出手段 108 によって自動検

出される。較正用ファントム位置検出手段 108 による上記中心点 O' の自動検出は、図 8 を用いて説明した方法と同一の方法で実現できる。ただし、円筒ファントム 1000 を対象とした場合、橢円ファントム 700 の場合のように傾き角度 ϕ を検出する必要がない。従って、
5 傾き計算手段 802 による演算は省略され、重心計算手段 801 によって検出された中心点 O' の位置のみがシミュレーション画像発生手段 106 によって参照される。

シミュレーション画像発生手段 106 は、k フレーム目 ($k = 1 \sim K$) の撮影画像に対して得られたエアキャリブレーション処理後の撮影データ $J_{nm}(k)$ ($n = 1 \sim N, m = 1 \sim M$) に対し、その理論値 $J'_{nm}(k)$ を計算する。上記理論値 $J'_{nm}(k)$ は、(数 17) で表される。

$$J'_{nm}(k) = \mu_q w_{nm}(k) \quad (n = 1 \sim N, m = 1 \sim M) \quad \dots \dots \dots \quad (\text{数 17})$$

ただし、 $w_{nm}(k)$ は、k フレーム目の撮影において X 線発生点 S から放射されて X 線検出器 2 の検出画素位置 (n, m) に入射する X 線ビーム 1003 の、円筒ファントム 1000 中の通過距離とする。また、
15 μ_q は円筒ファントム 1000 の X 線吸収係数とする。いま X 線ビーム 1003 のチャネル方向の放射角度を γ 、交線 1002 と検出画素位置 (n, m) との距離を h_{nm} 、X 線発生点 S と回転中心 O との間の距離を d 、X 線発生点 S と X 線検出器 2 の入力面との間の距離を D と表すと、通過距離 $w_{nm}(k)$ は、(数 18) で得られる。

$$w_{nm}(k) = \frac{2\sqrt{(t_x^2 + t_y^2)r^2 - (t_x S'_y - t_y S'_x)}}{t_x^2 + t_y^2} \quad (n = 1 \sim N, m = 1 \sim M) \quad \dots \dots \quad (\text{数 18})$$

ただし、(数 18) において、 S'_x, S'_y はそれぞれ (数 19) および (数 20) で表される。

$$S'_x = d \cos \theta_k - O'_x \quad \dots \dots \dots \quad (\text{数 } 19)$$

$$S'_y = d \sin \theta_k - O'_y \quad \dots \dots \dots \quad (\text{数 } 20)$$

また、(数 18)において、 t_x 、 t_y はX線ビーム1003の単位方向ベクトルのX軸、Y軸成分であり、それぞれ(数 21)および(数 5 22)で表される。

$$t_x = \frac{-D}{\sqrt{D^2 + h_{nm}^2}} \cos(\gamma - \theta_k) \quad \dots \dots \dots \quad (\text{数 } 21)$$

$$t_y = \frac{D}{\sqrt{D^2 + h_{nm}^2}} \sin(\gamma - \theta_k) \quad \dots \dots \dots \quad (\text{数 } 22)$$

なお、(数 19)～(数 22)において、 θ_k はkフレーム目の撮影時におけるX線発生点SのX軸に対する回転角度を表し、(数 10 13)で示される。シミュレーション画像発生手段106は(数 17)～(数 22)を用いて、撮影画像の理論値 $J'_{nm}(k)$ を全ての $n = 1 \sim N$ 、 $m = 1 \sim M$ 、 $k = 1 \sim K$ について計算し、計算結果をシミュレーション画像用メモリ103に記録する。なお、シミュレーション画像発生手段106は、専用演算器や汎用演算器を用いたソフトウェア処理等15で実現される。

以上、実施例2に係る放射線断層撮影装置を示したが、本発明は、実施例2のみに限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更しうることはいうまでもない。例えば、実施例2においては、円筒ファントム1000のサイズが1種類に限定されていたが、図11に示すような異なるサイズを有する複数の円筒ファントム1000a～dを用いて補正テーブルを作成してもよい。ただし、このとき各円筒ファントム1000a～dは、それらの外周位置が

、例えばX線検出器2の視野900に略内接するように配置されるものとする。ただし上記全ての円筒ファントム1000a～dは、X線検出器2の視野900の内部に完全に包含されるように配置されるものとする。また、補正テーブル作成手段102は、上記全ての円筒
5 ファントム1000a～dに対して得られた較正用実測画像およびシミュレーション画像に対して(数6)に示される多項式関数近似を行い、得られた係数 $a_{nm}(L)$ 、 $a_{nm}(L-1)$ 、 \dots 、 $a_{nm}(1)$ を補正テーブル用メモリ105に記録するものとする。

以上詳述した実施例1および2においては、それぞれ較正用ファン
10 トムとして橍円ファントム700および円筒ファントム1000を使用したが、較正用ファントムの種類はこれだけに限定されるものではない。例えば、較正用ファントムとして、図12(A)に示されるような人体の腹部を模擬した腹部用ファントム1200や、図12(B)に示されるような人体の胸部を模擬した胸部用ファントム12
15 01を使用してもよい。ただし、胸部用ファントム1201には、人体中の肺野を模擬するためのホール1202および1203が設けてある。較正用ファントムの形状を撮影対象である被写体3の形状に近づけることで、較正用ファントムの撮影において発生する散乱X線量が被写体3の撮影において発生する散乱X線量に近づくため、信号
20 強度補正手段104による補正精度を向上できる。

また、実施例1および2においては、それぞれ1種類の形状のみを有する較正用ファントムを使用したが、それらのファントムの併用により取得した較正用実測画像およびシミュレーション画像を用いて補正テーブル105を作成しても良い。

25 また、実施例1および/または実施例2における校正用ファントムと組み合わせて、その他の形状および/またはサイズの異なる種々の

較正用ファントム（回転軸に垂直な断面が略円形で、回転軸と略同じ位置に配置されたファントムを含む）に対して取得した較正用実測画像およびシミュレーション画像を用いて補正テーブル 105 を作成しても良い。

5 以上説明したように、本発明によれば、ファントムキャリブレーション法において簡便な計測に基づいて較正用ファントムの実測データのサンプルを多数取得するための放射線断層撮影技術を実現するもので、これにより、ファントムキャリブレーション法における多項式近似の精度を向上し、再構成画像の画質を向上できる。

10

産業上の利用可能性

本発明によれば、放射線断層撮影装置において、再構成画像中に発生するアーチファクトを高い精度で低減し、再構成画像の画質を向上が実現できる。

15

20

25

請 求 の 範 囲

1. 被写体に照射する放射線を発生する発生手段と、前記発生手段に對向配置され前記被写体を透過した前記放射線を検出する検出手段とを含む撮影系と、前記撮影系を前記被写体の周囲に回転させる回転手段とを具備し、前記撮影系を前記被写体の周囲で回転させながら複数の回転角度位置で撮影した複数の前記透過像に基づいて、前記被写体の断層像を生成する放射線断層撮影装置であって、前記撮影系の回転軸に垂直な断面が前記回転軸に直交する2方向でそれぞれ異なるサイズを有する少なくとも一つのファントムを含む複数のファントムのそれぞれについて、その周囲に前記撮影系を回転しながら撮影した3枚以上の透過像の実測画像を格納する第1の格納手段と、前記透過像に対応する画像を計算により計算画像として生成する生成手段と、生成された前記計算画像を格納する第2の格納手段と、前記実測画像および前記計算画像に基づいて、前記被写体の前記透過像の強度を補正する補正手段とを有することを特徴とする放射線断層撮影装置。
2. 請求項1に記載の放射線断層撮影装置において、前記少なくとも一つのファントムは、前記回転軸に垂直な断面が略楕円形であることを特徴とする放射線断層撮影装置。
3. 請求項1又は2に記載の放射線断層撮影装置において、前記複数のファントムのうち、少なくとも一つのファントムは、前記回転軸に垂直な断面が略円形であり、かつ、前記円形の中心が前記回転軸と異なる位置に配置されていることを特徴とする放射線断層撮影装置。
4. 被写体に照射する放射線を発生する発生手段と、前記発生手段に對向配置され前記被写体を透過した前記放射線を検出する検出手段とを含む撮影系と、前記撮影系を前記被写体の周囲に回転させる回転

手段とを具備し、前記撮影系を前記被写体の周囲で回転させながら複数の回転角度位置で撮影した複数の前記透過像に基づいて、前記被写体の断層像を生成する放射線断層撮影装置であって、前記撮影系の回転軸に垂直な断面が略円形であり、前記円形の中心が前記回転軸と異なる位置に配置されている少なくとも一つのファントムを含む複数のファントムのそれぞれについて、その周囲に前記撮影系を回転しながら撮影した3枚以上の透過像の実測画像を格納する第1の格納手段と、前記透過像に対応する画像を計算により計算画像として生成する生成手段と、生成された前記計算画像を格納する第2の格納手段と、
5 前記実測画像および前記計算画像に基づいて、前記被写体の前記透過像の強度を補正する補正手段とを有することを特徴とする放射線断層撮影装置。

5. 請求項4に記載の放射線断層撮影装置において、前記複数のファントムのうち、少なくとも一つのファントムは、前記回転軸に垂直な断面が略楕円形であることを特徴とする放射線断層撮影装置。
10 6. 請求項4に記載の放射線断層撮影装置において、前記複数のファントムのうち、少なくとも一つのファントムは、前記回転軸に垂直な断面が略円形であり、前記円形の中心が前記回転軸と略同じ位置に配置されていることを特徴とする放射線断層撮影装置。
15 7. 請求項1又は4に記載の放射線断層撮影装置において、前記実測画像より再構成された前記ファントムの断層像に基づいて、前記ファントムの断層面の中心位置と前記断層面に平行な方向での傾きを算出するファントム位置算出手段を有し、前記生成手段は、前記中心位置と前記傾きに基づいて、前記計算画像を作成する時の前記放射線の
20 投影方向を決定することを特徴とする放射線断層撮影装置。
25 8. 請求項7に記載の放射線断層撮影装置において、前記ファントム

位置算出手段は、前記ファントムの前記断層像の信号強度分布の重心位置に基づいて、前記ファントムの断層面の中心位置を算出することを特徴とする放射線断層撮影装置。

9. 請求項 7 に記載の放射線断層撮影装置において、前記ファントム
- 5 位置算出手段は、前記ファントムの断層像の信号強度分布の 1 次近似に基づいて、前記ファントムの断層面に平行な方向での傾きを算出することを特徴とする放射線断層撮影装置。
10. 被写体に照射する放射線を発生する発生手段と、前記発生手段
- 10 に対向配置され前記被写体を透過した前記放射線を検出する検出手段とを含む撮影系と、前記撮影系を前記被写体の周囲に回転させる回転手段とを具備し、前記撮影系を前記被写体の周囲で回転させながら複数の回転角度位置で撮影した複数の前記透過像に基づいて、前記被写体の断層像を生成する放射線断層撮影装置であつて、前記撮影系の回転軸に垂直な断面が前記回転軸に直交する 2 方向でそれぞれ異なる
- 15 サイズを有する少なくとも一つのファントムを含む複数のファントムのそれぞれについて、その周囲に前記撮影系を回転しながら撮影した 3 枚以上の透過像の実測画像を格納する第 1 の格納手段と、前記透過像に対応する画像を計算により計算画像として生成する生成手段と、生成された前記計算画像を格納する第 2 の格納手段と、前記実
- 20 測画像の信号強度と前記計算画像の信号強度との関係を近似関数で近似して、前記近似関数のパラメータ値を導出するパラメータ値導出手段と、前記パラメータ値を格納する第 3 の格納手段と、前記実測画像および前記計算画像に基づいて、前記被写体の前記透過像の強度を補正する補正手段とを有することを特徴とする放射線断層撮影装置。
- 25 11. 被写体に照射する放射線を発生する発生手段と、前記発生手段
- 25 に対向配置され前記被写体を透過した前記放射線を検出する検出手

段とを含む撮影系と、前記撮影系を前記被写体の周囲に回転させる回転手段とを具備し、前記撮影系を前記被写体の周囲で回転させながら複数の回転角度位置で撮影した複数の前記透過像に基づいて、前記被写体の断層像を生成する放射線断層撮影装置であって、前記撮影系の
5 回転軸に垂直な断面が略円形であり、前記円形の中心が前記回転軸と異なる位置に配置されている少なくとも一つのファントムを含む複数のファントムのそれぞれについて、その周囲に前記撮影系を回転しながら撮影した3枚以上の透過像の実測画像を格納する第1の格納手段と、前記透過像に対応する画像を計算により計算画像として生成
10 する生成手段と、生成された前記計算画像を格納する第2の格納手段と、前記実測画像の信号強度と前記計算画像の信号強度との関係を近似関数で近似して、前記近似関数のパラメータ値を導出するパラメータ値導出手段と、前記パラメータ値を格納する第3の格納手段と、前記実測画像および前記計算画像に基づいて、前記被写体の前記透過像
15 の強度を補正する補正手段とを有することを特徴とする放射線断層撮影装置。

要 約 書

本発明は、放射線断層撮影装置において、放射線検出器の入出力特性の非線形性や放射線のビームハードニングに起因するアーチファクトを低減する技術を提供する。被写体に照射する放射線を発生する
5 発生手段と、前記発生手段に対向配置され前記被写体を透過した前記放射線を検出する検出手段とを含む撮影系と、前記撮影系を前記被写体の周囲に回転させる回転手段とを具備し、前記撮影系を前記被写体の周囲で回転させながら複数の回転角度位置で撮影した複数の前記透過像に基づいて、前記被写体の断層像を生成する放射線断層撮影装置
10 であって、前記撮影系の回転軸に垂直な断面が前記回転軸に直交する2方向でそれぞれ異なるサイズを有する少なくとも一つのファントムを含む複数のファントムのそれぞれについて、その周囲に前記撮影系を回転しながら撮影した3枚以上の透過像の実測画像を格納する第1の格納手段と、前記透過像に対応する画像を計算により計算画像として生成する生成手段と、生成された前記計算画像を格納する第
15 2の格納手段と、前記実測画像および前記計算画像に基づいて、前記被写体の前記透過像の強度を補正する補正手段とを有することを特徴とする。

図 1

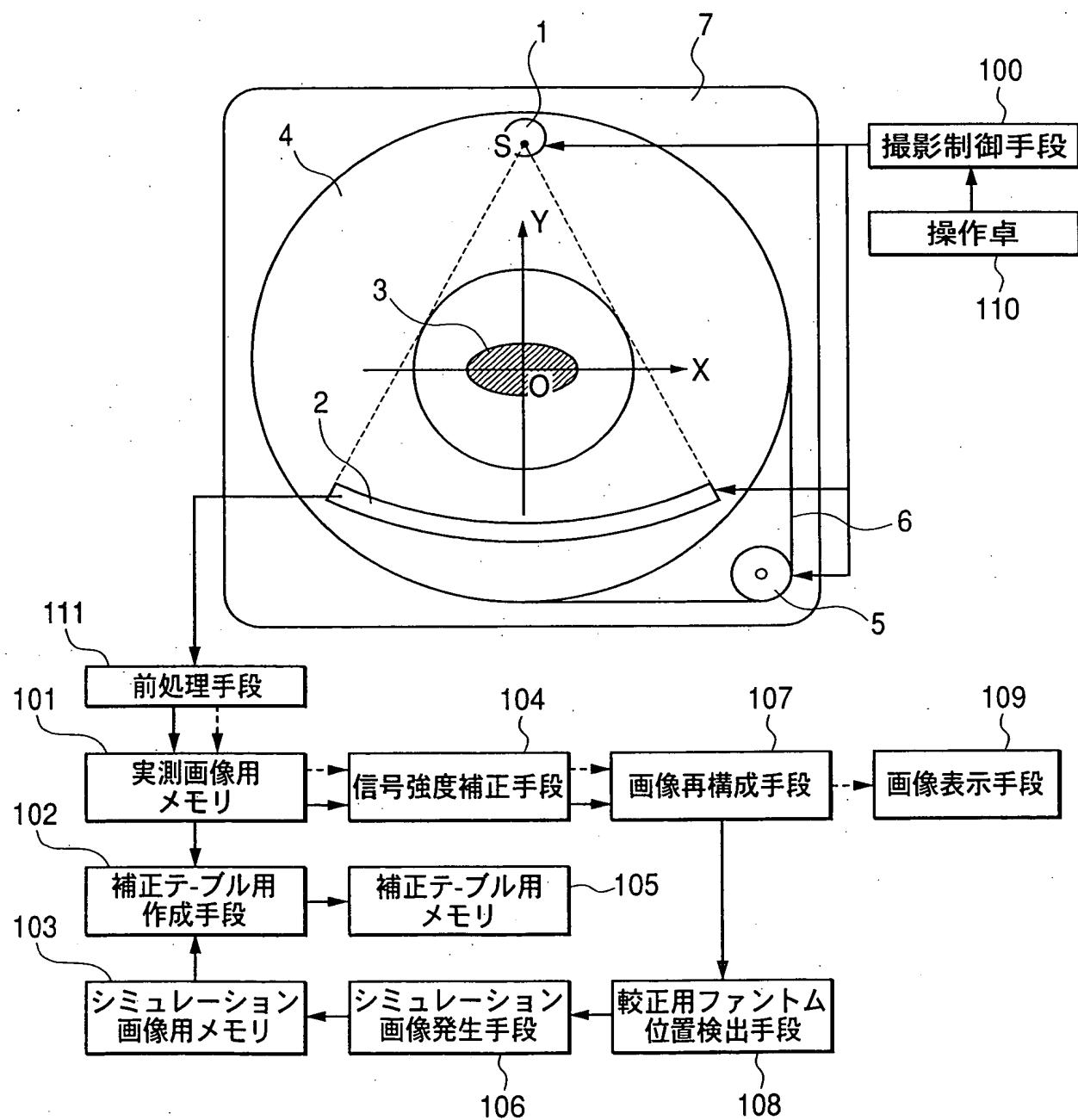
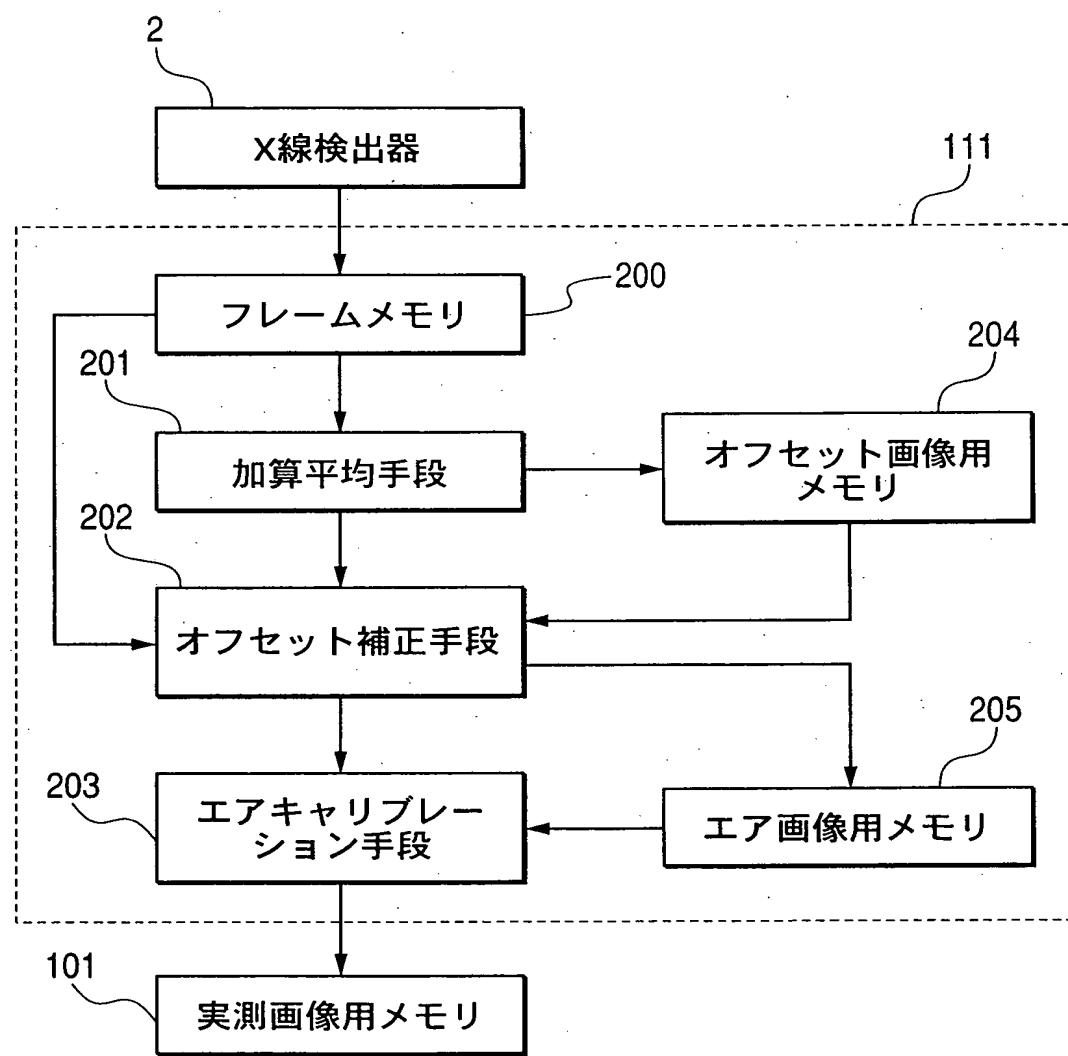


図 2



☒ 3

(A)

$$\begin{array}{|c|c|c|c|} \hline
 I_{11}(k) & I_{21}(k) & \cdots & I_{N1}(k) \\ \hline
 I_{12}(k) & I_{22}(k) & \cdots & I_{N2}(k) \\ \hline
 \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \hline
 I_{1M}(k) & I_{2M}(k) & \cdots & I_{NM}(k) \\ \hline
 \end{array}$$

200

}

(B)

$$\begin{array}{|c|c|c|c|} \hline
 b_{11} & b_{21} & \cdots & b_{N1} \\ \hline
 b_{12} & b_{22} & \cdots & b_{N2} \\ \hline
 \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \hline
 b_{1M} & b_{2M} & \cdots & b_{NM} \\ \hline
 \end{array}$$

204

}

(C)

$$\begin{array}{|c|c|c|c|} \hline
 A_{11} & A_{21} & \cdots & A_{N1} \\ \hline
 A_{12} & A_{22} & \cdots & A_{N2} \\ \hline
 \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \hline
 A_{1M} & A_{2M} & \cdots & A_{NM} \\ \hline
 \end{array}$$

205

}

(D)

$$\begin{array}{|c|c|c|c|} \hline
 J_{11}(1) & J_{21}(1) & \cdots & J_{N1}(1) \\ \hline
 J_{12}(1) & J_{22}(1) & \cdots & J_{N2}(1) \\ \hline
 \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \hline
 J_{1M}(1) & J_{2M}(1) & \cdots & J_{NM}(1) \\ \hline
 J_{11}(2) & J_{21}(2) & \cdots & J_{N1}(2) \\ \hline
 J_{12}(2) & J_{22}(2) & \cdots & J_{N2}(2) \\ \hline
 \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \hline
 J_{1M}(2) & J_{2M}(2) & \cdots & J_{NM}(2) \\ \hline
 & & \vdots & \\ \hline
 J_{11}(K) & J_{21}(K) & \cdots & J_{N1}(K) \\ \hline
 J_{12}(K) & J_{22}(K) & \cdots & J_{N2}(K) \\ \hline
 \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \hline
 J_{1M}(K) & J_{2M}(K) & \cdots & J_{NM}(K) \\ \hline
 \end{array}$$

101

}

4

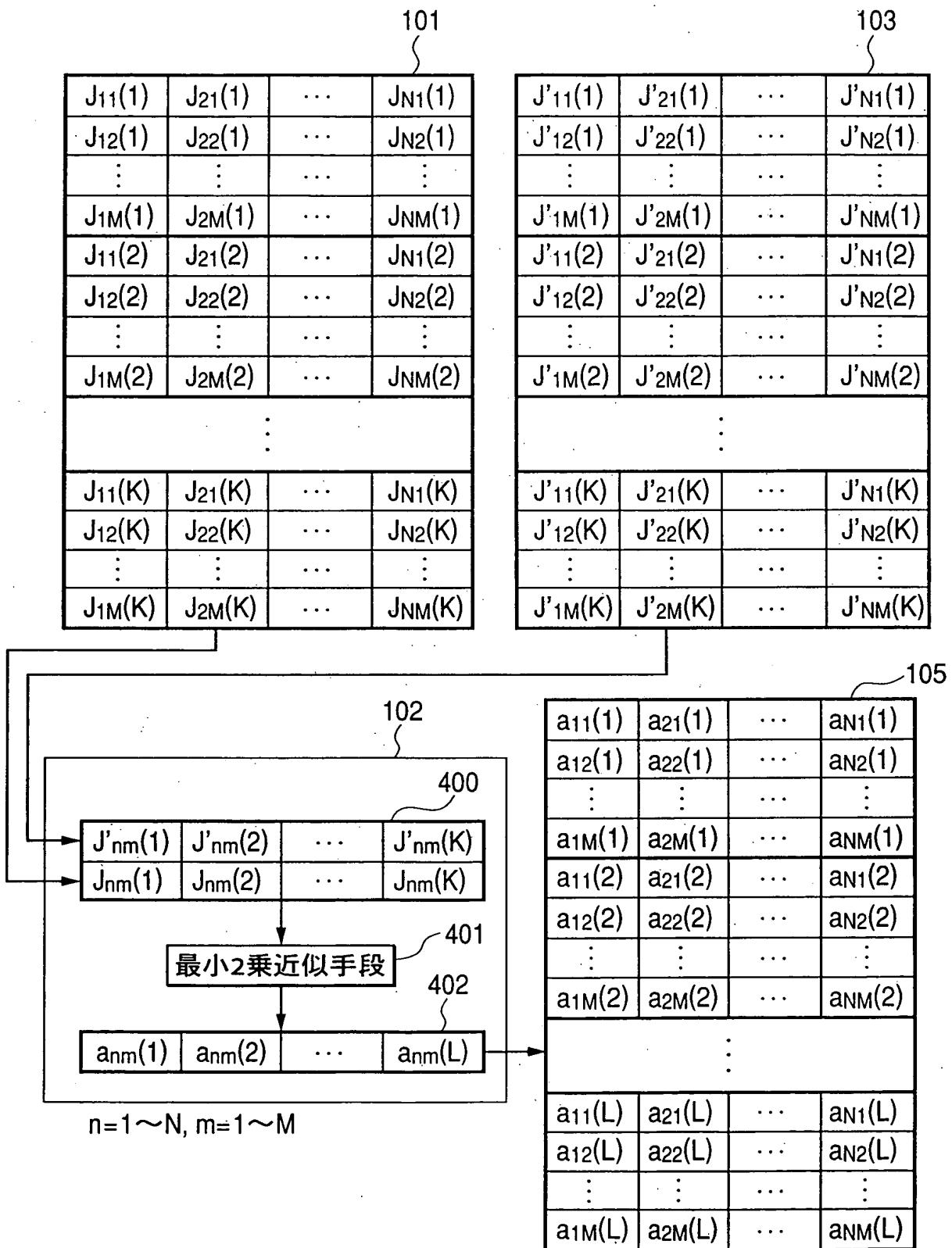


図 5

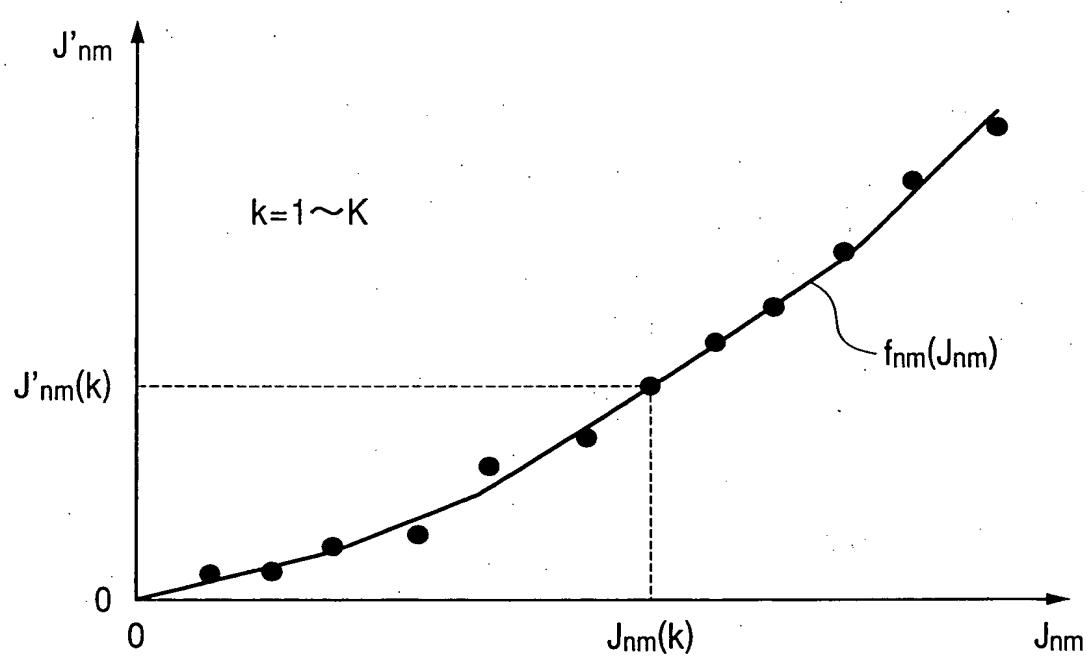


図 6

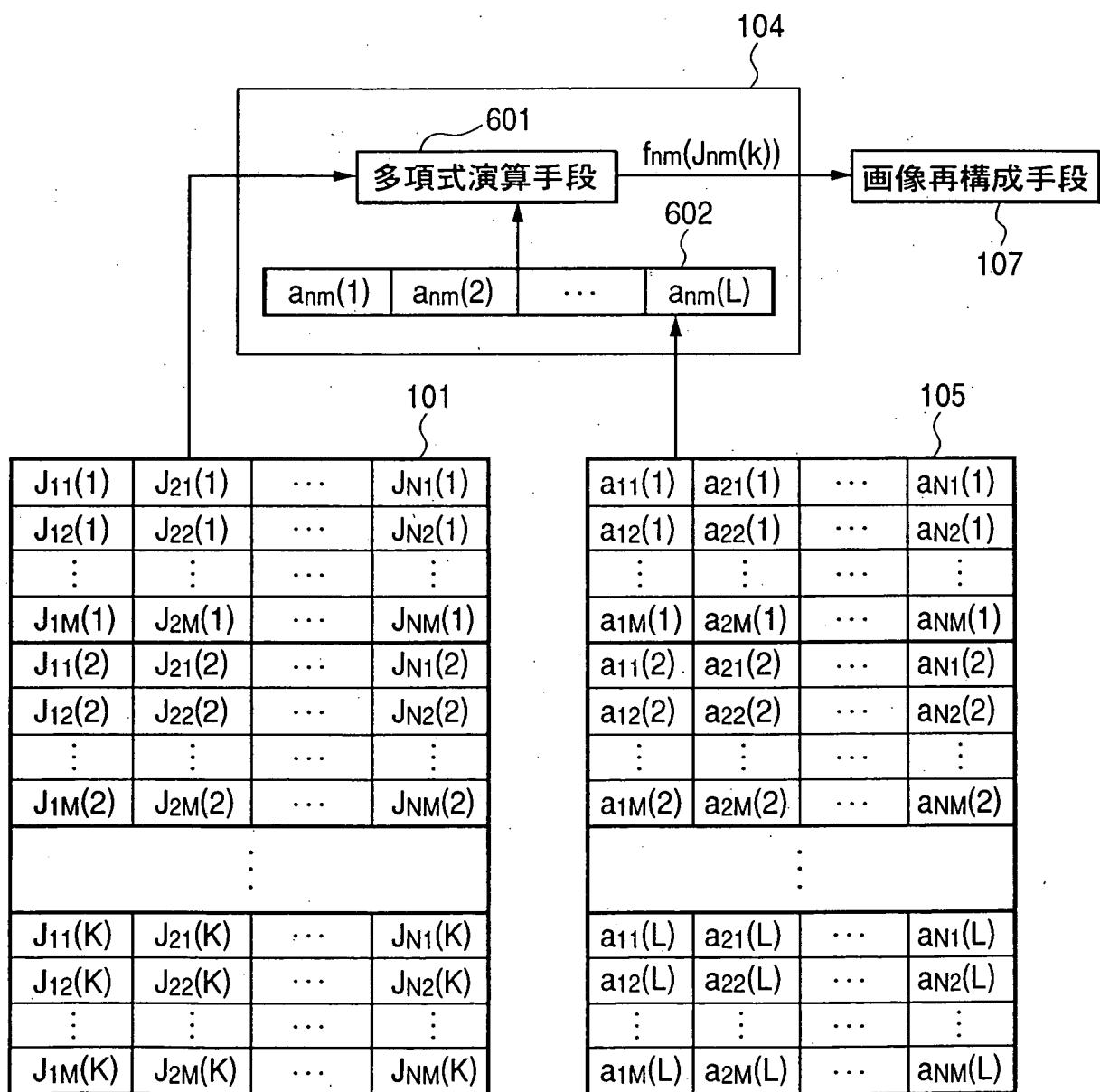
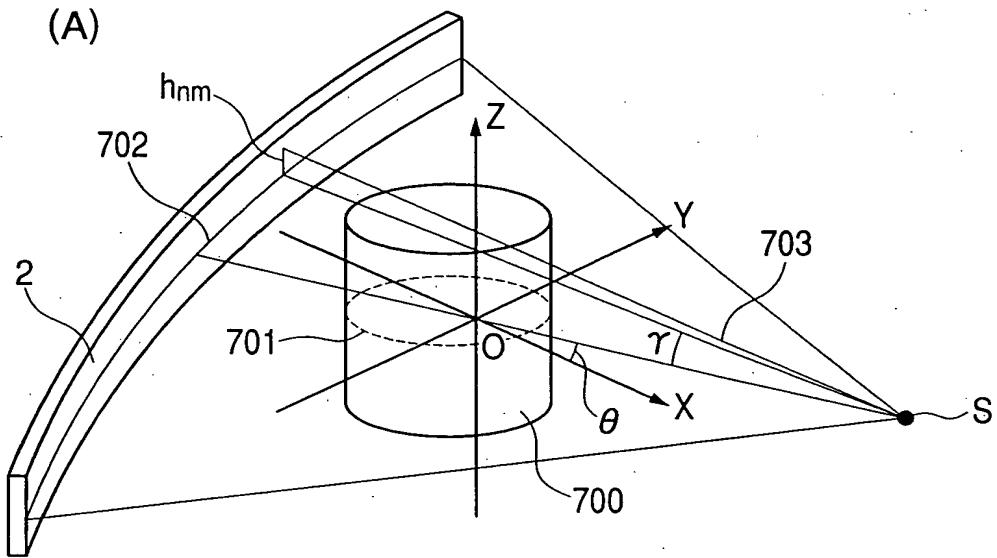


図 7

(A)



(B)

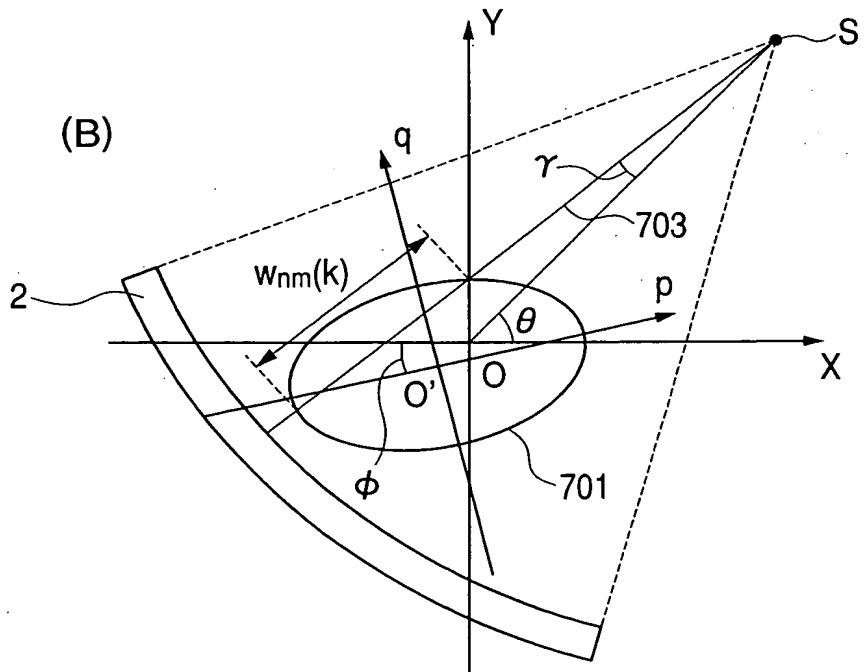


図 8

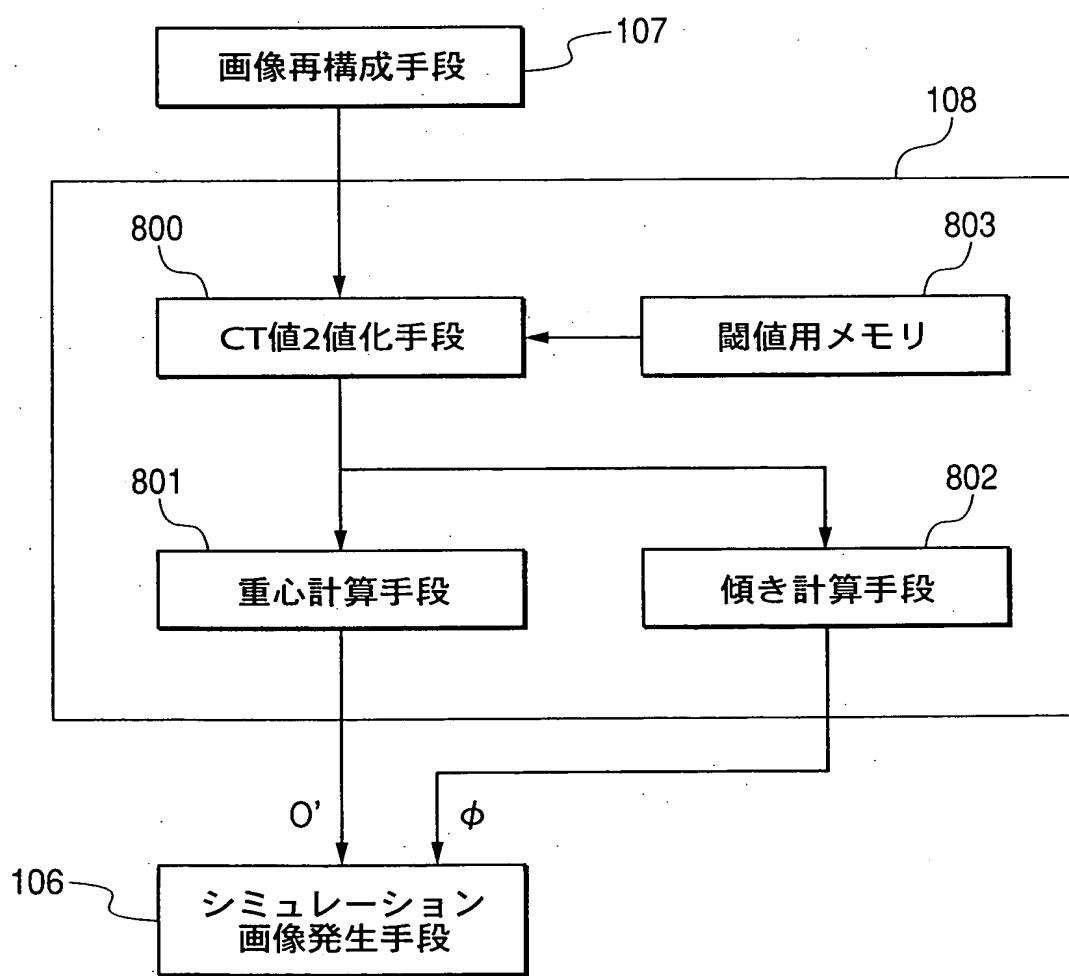
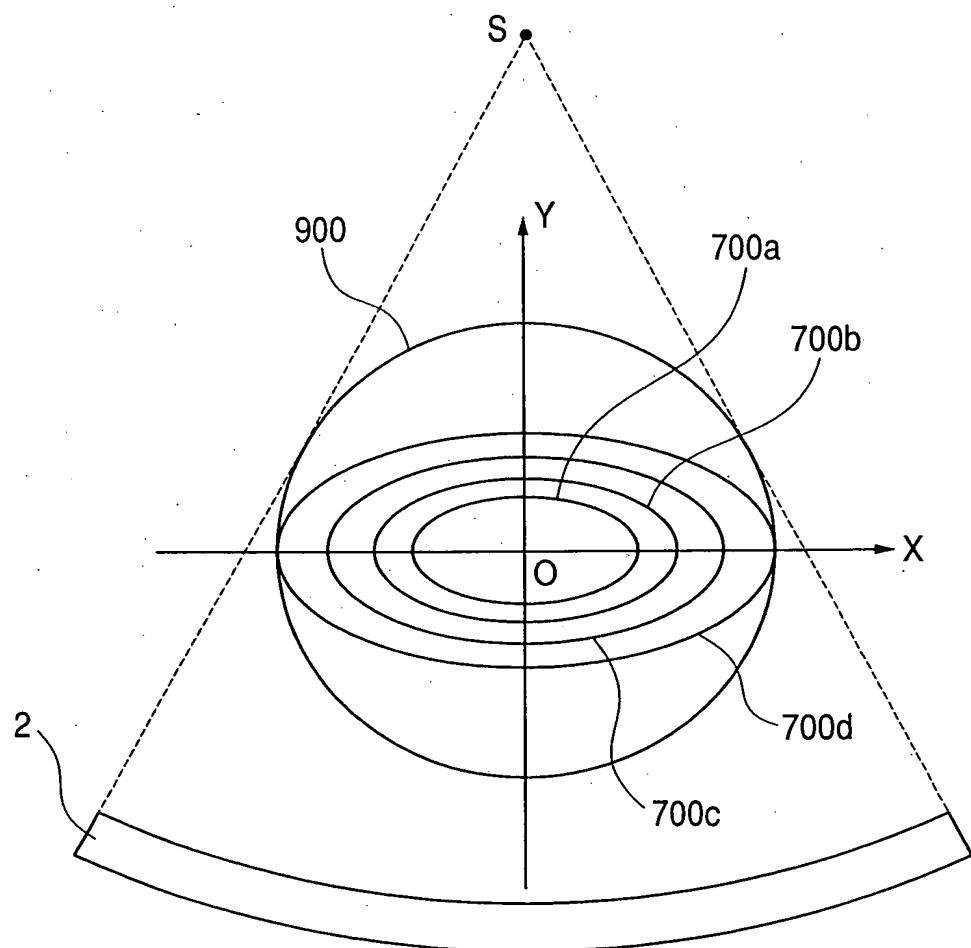
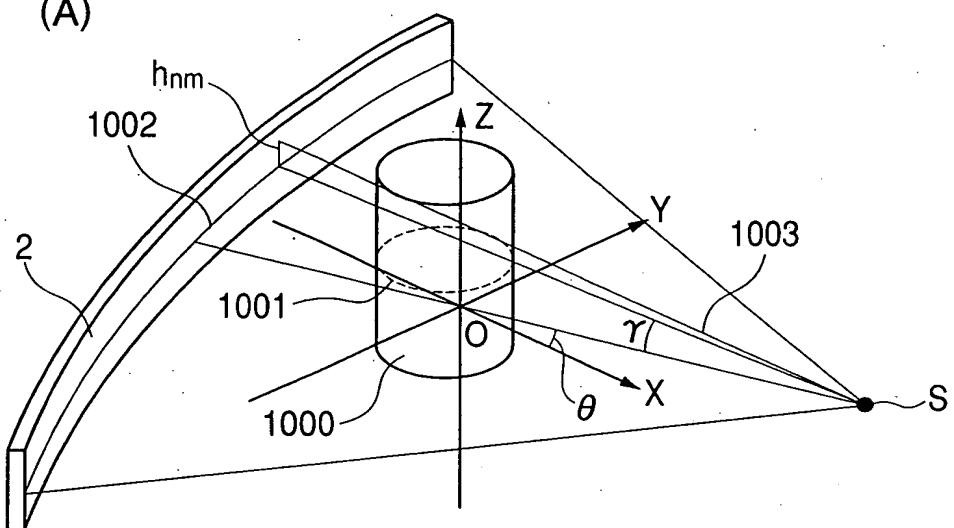


図 9



☒ 10

(A)



(B)

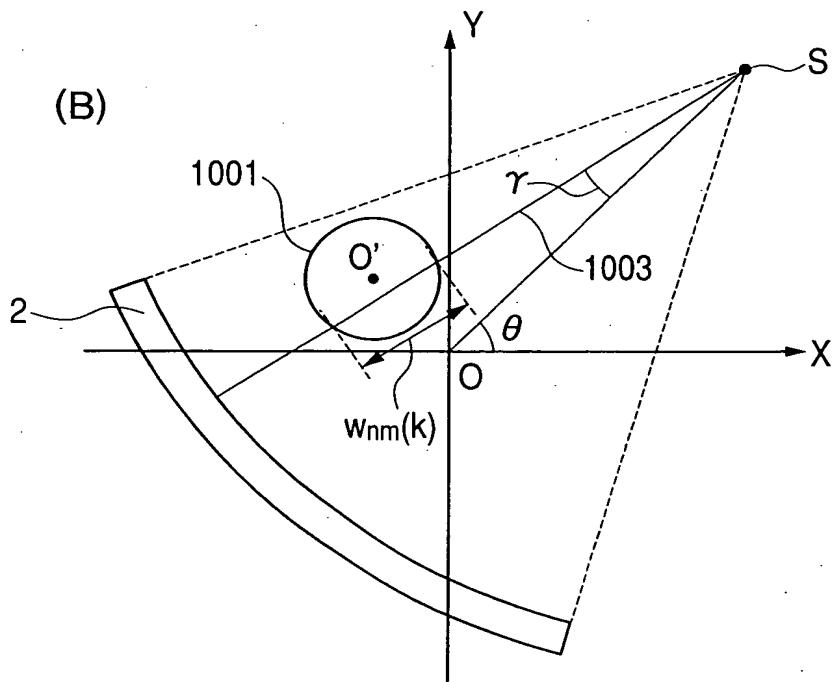


図 11

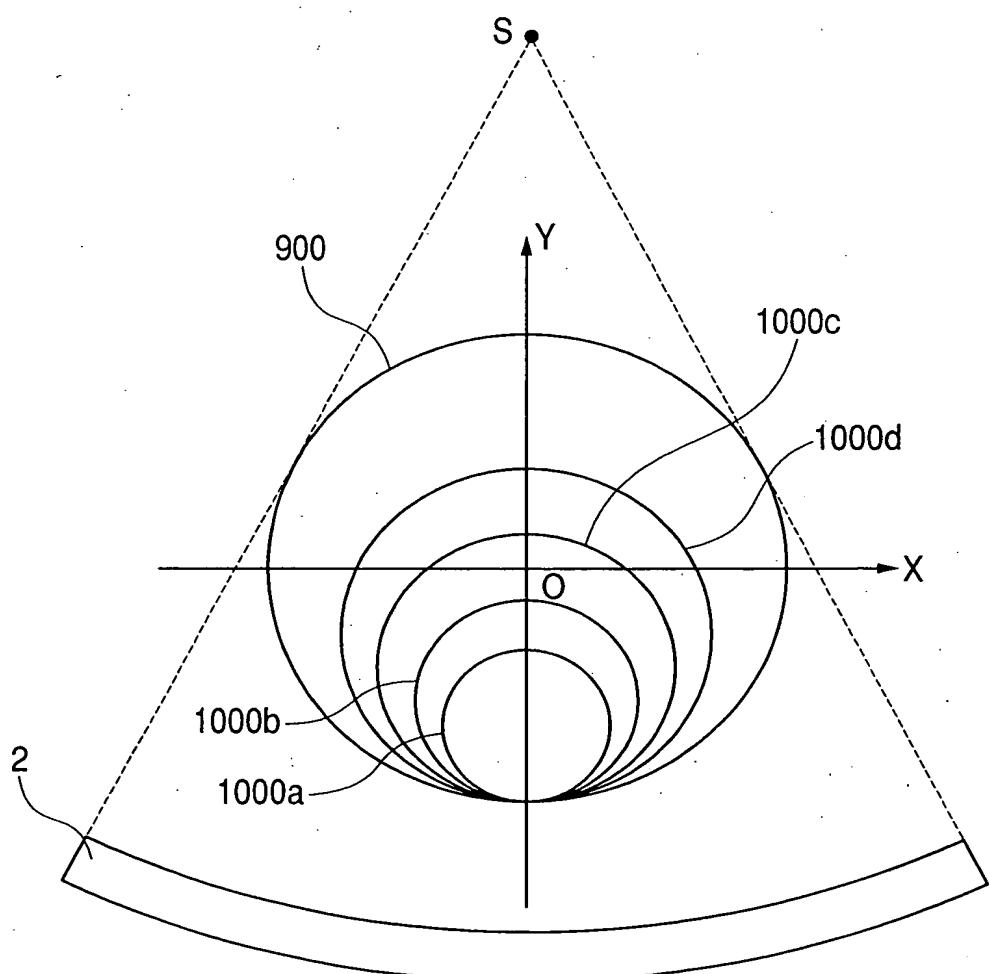
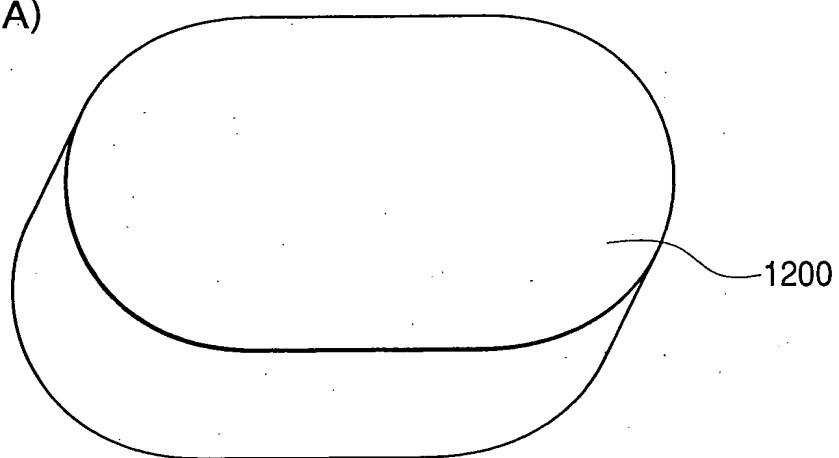


図 12

(A)



(B)

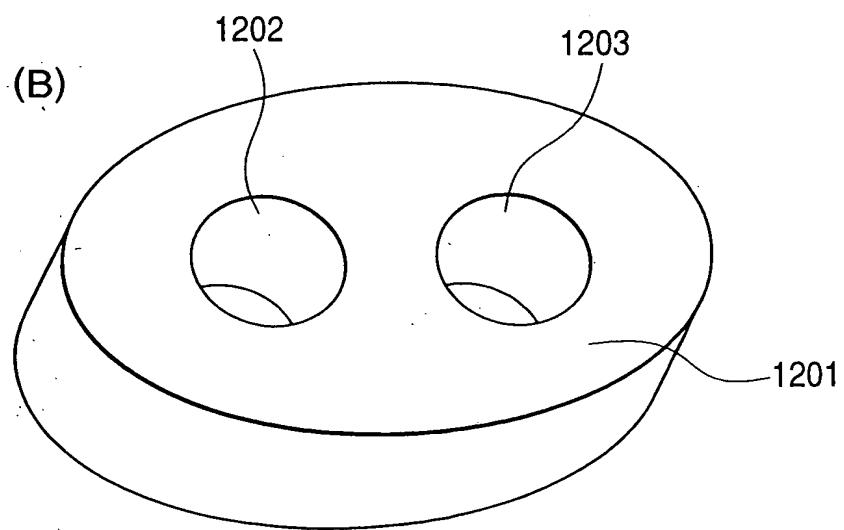
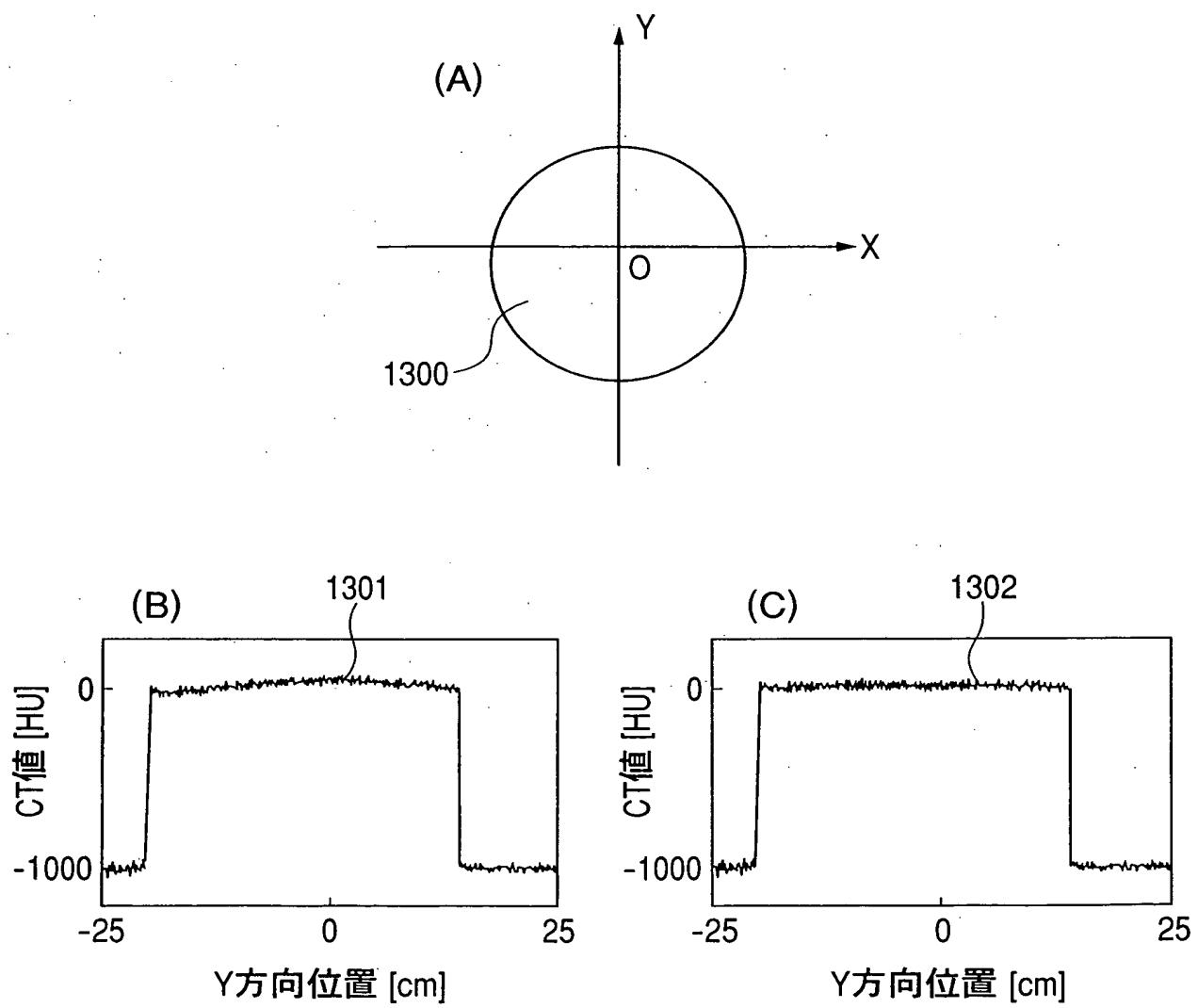


図 13



優先権証明願 (PCT)

特許庁長官 殿



1. 出願番号 特願2003-203654

2. 請求人

識別番号 100068504

住所 〒104-0033 日本国東京都中央区新川一丁目3番3号
第17荒井ビル8階 日東国際特許事務所

(ふりがな)
氏名 弁理士 小川 勝男



電話番号 03 (3537) 1621

3. 出願国名 PCT

4. 添付書類の目録



(1, 400円)